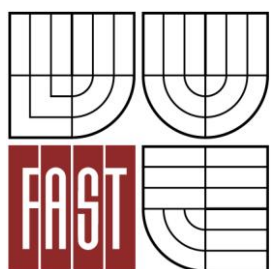




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ

ÚSTAV STAVEBNÍHO ZKUŠEBNICTVÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING  
INSTITUTE OF BUILDING TESTING

## HODNOCENÍ VAD A PORUCH EXISTUJÍCÍHO OBJEKTU

REVIEWS OF DEFECTS AND FAILURES OF EXISTING OBJECT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

ANEŽKA KINCLOVÁ

VEDOUcí PRÁCE  
SUPERVISOR

doc. Ing. PAVEL SCHMID, Ph.D.

BRNO 2016



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

<b>Studijní program</b>	B3607 Stavební inženýrství
<b>Typ studijního programu</b>	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
<b>Studijní obor</b>	3647R013 Konstrukce a dopravní stavby
<b>Pracoviště</b>	Ústav stavebního zkušebnictví

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

<b>Student</b>	Anežka Kinclová
<b>Název</b>	Hodnocení vad a poruch existujícího objektu
<b>Vedoucí bakalářské práce</b>	doc. Ing. Pavel Schmid, Ph.D.
<b>Datum zadání bakalářské práce</b>	30. 11. 2015
<b>Datum odevzdání bakalářské práce</b>	27. 5. 2016

V Brně dne 30. 11. 2015

.....  
prof. Ing. Leonard Hobst, CSc.  
Vedoucí ústavu

.....  
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA  
Děkan Fakulty stavební VUT

## **Podklady a literatura**

Schmid, P. a kol. Základy zkušebnictví, FAST VUT v Brně  
Hobst, L. a kol.. Diagnostika stavebních konstrukcí, FAST VUT v Brně  
Bažant, Z., Klusáček, L. Statika při rekonstrukcích objektů, FAST VUT v Brně  
ČSN ISO 13822 Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí  
ČSN 73 0038 Hodnocení a ověřování existujících konstrukcí – Doplnující ustanovení  
ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí  
ČSN EN 1991 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí  
ČSN EN 1992 Eurokód 2: Betonové konstrukce  
ČSN EN 1995 Eurokód 5: Dřevěné konstrukce  
ČSN EN 1996 Eurokód 6: Zděné konstrukce  
Vyhláška č. 268/2009 Sb. o technických požadavcích na stavby se změnami 20/2012 Sb.

a další související normy a odborná literatura dle řešerše problematiky

## **Zásady pro vypracování**

Návrh metodiky předběžného stavebně technického průzkumu existujícího objektu rodinného domu pro hodnocení aktuálního stavebně statického stavu s ohledem na identifikaci a klasifikaci vad a poruch jednotlivých konstrukčních prvků a celků. Na zadaném objektu realizovat a vyhodnotit navrženou metodiku diagnostického průzkumu. Dle analýzy nálezů specifikovat návrh nutných a efektivních stavebních opatření pro zajištění bezproblémové a dlouhodobé provozuschopnosti a bezpečnosti předmětného objektu.

## **Struktura bakalářské/diplomové práce**

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

.....

doc. Ing. Pavel Schmid, Ph.D.  
Vedoucí bakalářské práce

## **Abstrakt**

Bakalářská práce je stavebně technický průzkum rodinného domu v Omicích, okres Brno – venkov, který slouží k rekreačním účelům. Celý objekt byl zaměřen, zdokumentován a prozkoumán. Po zjištění vad byla teoretická část práce zaměřena na vlhkost objektů a problémy s ní spjaté a na sanaci vlhkého zdiva.

## **Klíčová slova**

Stavebně technický průzkum, vlhkost, zdroje vlhkosti, hodnocení, porucha, sanace vlhkého zdiva

## **Abstract**

The thesis is a structural engineering investigation of a family house in Omice, Brno – venkov district. The whole object was measured, documented, examined. After finding a series of defects, the aim of the theoretical part became to describe problematic of humidity and moisture in buildings and rehabilitation of moisture masonry.

## **Keywords**

Structural engineering investigation, moisture, sources of moisture, assessment, defect, rehabilitation of moisture masonry.

### **Bibliografická citace VŠKP**

Anežka Kinclová *Hodnocení vad a poruch existujícího objektu*. Brno, 2016. 66 s., 2 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavebního zkušebnictví. Vedoucí práce doc. Ing. Pavel Schmid, Ph.D.

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 27.5.2016

.....  
podpis autora

Anežka Kinclová

**Poděkování:**

Na prvním místě bych ráda poděkovala svému vedoucímu bakalářské práce, doc. Ing. Pavlu Schmidovi, Ph. D, za ochotu a pomoc při tvorbě práce, za vedení a cenné rady. Vřelé díky patří моým rodičům za výchovu a podporu ve studiu.

V neposlední řadě chci poděkovat mému manželovi, který mě podporovat, vytvářel mi dostatečný prostor pro práci a dělal domácí práce za mě. Děkuji i za korekturu mé bakalářské práce. Toto poděkování patří mému dědečkovi a tatínkovi.

## Obsah

1. ÚVOD.....	11
2. CÍLE PRÁCE .....	12
3. VLHKOST .....	13
3.1. Obecně.....	13
3.2. Hmotnostní vlhkost .....	13
3.3. Objemová vlhkost .....	13
4. POSUDEK STATICKE SPOLEHLIVOSTI.....	14
4.1. Mechanicko-fyzikální vlastnosti materiálů .....	14
4.2. Nedestruktivní metody .....	17
4.3. Destruktivní metody.....	17
4.4. Trhliny.....	18
4.4.1. Konstrukčně podmíněné trhliny .....	19
4.4.3. Trhliny podmíněné kombinovaně omítkou nebo konstrukcí.....	20
4.5. Posudek zděných konstrukcí .....	21
5. ZDROJE ZVÝŠENÉ VLHKOSTI .....	22
5.1. Voda srážková.....	23
5.2. Voda vztlínající zemní vlhkost.....	23
5.3. Voda kondenzující na vnitřním povrchu konstrukce .....	24
5.4. Voda působící hydrostatickým tlakem.....	24
5.5. Hygroscopicita stavebního materiálu.....	24
5.6. Zabudovaná technologická voda.....	24
5.7. Další zdroje vody .....	25
6. PROJEVY VLHKOSTI.....	26
6.1. Povrchy .....	26
6.1.1. Difúzní odpor.....	26
6.1.2 Pórovitost.....	27
6.2. Svislé konstrukce, stropy, klenby, podlahy.....	27
6.2.1. Svislé zdivo, obvodové a nosné výplně.....	27
6.2.2. Stropy a klenby .....	28
6.2.3. Podlahy na kontaktu s terénem.....	29
6.3. Vnitřní prostředí .....	29



6.3.1. Příčiny vlhkosti.....	29
6.3.2. Důsledky vlhkostních změn .....	30
7. PODKLADY PRO NÁVRH ODVLHČENÍ BUDOVY .....	34
7.1. Místní šetření na stavbě.....	34
7.2. Vlhkostní průzkum.....	34
7.2.1. Odběr vzorku .....	38
7.2.2. Velikost vzorku .....	38
7.2.3. Místo odběru vzorku.....	38
7.2.4. Další metody.....	38
7.3. Informace o přilehlém terénu a podzákladí.....	39
7.4. Průzkum salinity.....	39
7.5. Průzkumy z hlediska biokoroze .....	39
7.6. Průzkumy archivní .....	39
8. VĚTRÁNÍ A KVALITA VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ.....	40
8.1. Přirozené větrání .....	41
8.2. Větrací systémy a prvky.....	42
8.2.1. Komínové a ventilační průduchy.....	42
8.2.2. Okna .....	42
8.2.3. Žaluzie a okenice .....	43
8.2.4. Světlíky.....	43
8.2.5. Věže.....	43
8.2.6. Schodiště.....	43
8.2.7. Větrací systémy .....	44
9. ZPŮSOBY SNÍŽENÍ VLHKOSTI .....	45
9.1. Vzduchové izolační systémy.....	45
9.2. Vzduchové stěnové dutiny .....	47
9.2.1. Dutiny pod úrovní terénu na vnější straně zdi .....	47
9.2.2. Dutiny nad úrovní terénu na vnější straně zdi .....	48
9.2.3. Dutiny na vnitřní straně zdi .....	48
9.3. Podlahové vzduchové dutiny .....	50
10. PRAKTICKÁ ČÁST – OBECNÉ INFORMACE.....	51
10.1. Úvod.....	51
10.2. Geologické podmínky a hydrogeologické podmínky .....	53

10.3. Předmět průzkumu .....	54
11. DIAGNOSTICKÝ PRŮZKUM.....	55
12. VYHODNOCENÍ PRŮZKUMU .....	58
13. NÁVRH OPATŘENÍ .....	60
13.1. Drenážní systém .....	60
13.2. Podlahový systém.....	61
13.4. Předstěna .....	62
13.5. Vytápění .....	62
14. ZÁVĚR .....	63
15. POUŽITÁ LITERATURA .....	64
16. SEZNAM PŘÍLOH, OBRÁZKŮ A TABULEK.....	65

## 1. ÚVOD

Diagnostikou stavebních konstrukcí můžeme označit soubor činností a postupů, které provádíme, abychom získali objektivní informace o aktuálním stavu objektu. Posléze nám informace poslouží jako důležitý podklad pro stavební úpravy. Nyní se diagnostika stává důležitou součástí inženýrské činnosti. Diagnostika je prováděna na konstrukci s viditelnými vadami, kterou chceme revitalizovat. Z důvodu nedostatku stavebních parcel se čím dál tím častěji stává, že lidé žádají o diagnostický průzkum stávající nemovitost, který prozradí, zda objekt je schopen nástavby, přestavby nebo jiných stavebních úprav. Průzkum se provádí tak, aby byla zabezpečena bezpečnost a spolehlivost objektu. Kámen úrazu u diagnostiky je finanční náročnost některých metod. Proto investor zvolí levnější variantu, která nemá např. takový rozsah, který bychom potřebovali a tím nedostaneme úplné informace. Takto investor ušetřil na diagnostickém průzkumu, ale neuvědomil si, že pokud jsou nepřesné informace, může dojít k prodražení u stavební části objektu (historické nebo památkově chráněné objekty) v lepším případě a v horším případě může dojít až k překročení mezního stavu únosnosti jednoho z prvků a k následnému zřícení objektu. Stavební inženýr v oboru diagnostiku musí být schopen při omezených nákladech provést na konstrukci co možná nejhodnotnější průzkum s dostačujícími informacemi. V tomto oboru jsou zkušenosti a oborové znalosti velkou výhodou. Dají se získat dlouholetou inženýrskou praxí.

Nejdůležitější součástí je stavebně – technický průzkum, ve kterém se zjišťuje stav, geometrie a úpravy konstrukce, odlišnosti od projektu a konstrukční uspořádání. Dále materiál, jeho kvalita a stav, poruchy, příčiny poruch a jejich závislost na zatížení. V neposlední řadě se průzkum zaměřuje i na vlhkostní stav konstrukce, základové poměry a geologické a hydrogeologické podmínky. Klade důraz i na vliv okolního prostředí na konstrukci. Má tři stupně – předběžný, podrobný a doplňkový.

## **2. CÍLE PRÁCE**

V této bakalářské práci je proveden stavebně technický průzkum u rodinného domu v obci Omice (č. p. 60). Průzkumem bychom měli zjistit co nejpřesnější stav konstrukce a z těchto podkladů navrhnout optimální sanační řešení, při kterém bude objekt schopen provozu.

V teoretické části je nastíněná problematika vlhkosti, která je hlavním tématem praktické části. Zabývá se zdroji a projevy vlhkosti a návrhy sanačního řešení, které se uplatní v praktické části.

### 3. VLHKOST

#### 3.1. Obecně

Vlhkost, označení  $w$ , je množství fyzikálně vázané nebo volné vody, která je obsažena v pórovité nebo mezerovité stavební látce a stanovíme ji vysušením látky do ustálené hmotnosti. Vysoušení provádíme nejčastěji při teplotě 105 až 110 °C. Teploty mohou být i nižší, záleží na typu zkoumané látky. Výsledek nám pak ukazuje poměr množství vody k množství suché látky. Vyjádření je buď hmotnostní nebo objemové.

#### 3.2. Hmotnostní vlhkost

Můžeme ji vyjádřit vztahem:

$$w_m = 100 (m_w - m_s) / m_s [\%]$$

kde  $m_w$  je hmotnost nasyceného vzorku a  $m_s$  hmotnost vysušeného.

#### 3.3. Objemová vlhkost

Pro tuto vlhkost platí vztah:

$$w_v = 100 (m_w - m_s) / (\rho_k \cdot V) [\%]$$

$m_w$  a  $m_s$  viz. horní vztah,  $\rho_k$  je hustota kapaliny (nejčastěji vody) a  $V$  značíme objem látky.

Tyto dva druhy vlhkostí se od sebe číselně mohou lišit. Odlišnost může vidět v tom, že objemová vlhkost nemůže nikdy přesáhnout 100 %, kdežto u vlhkosti hmotnostní se s více jak 100 % můžeme setkat. Například u pórovitých látek, jejichž objemová hmotnost je menší jak 1000 kg/m<sup>3</sup> ve vysušeném stavu.

Jako příklad můžeme uvést pórobeton o objemové hmotnosti 400 kg/m<sup>3</sup> ve vysušeném stavu, který má v okamžiku odebrání z konstrukce objemovou hmotnost 900 kg/m<sup>3</sup>.

Když tento vztah vyčíslíme podle vzorce pro hmotnostní vlhkost, vypadá výpočet následovně: [1]

$$w_m = 100 (900 - 400) / 400 = 125 \%$$

## 4. POSUDEK STATICKÉ SPOLEHLIVOSTI

Voda a vlhkost má na konstrukci mnoho negativních vlivů. Vlivy můžeme zařadit do různých oblastí, jako je například estetická, tepelně technická hygienická a nesmíme zapomenout na statickou. Statická spolehlivost je velmi zásadní problém z hlediska funkce stavby a její možnosti využití. [3]

### 4.1. Mechanicko-fyzikální vlastnosti materiálů

Vlivem vlhkosti, která je obsažena v materiálu, dochází k výraznému snížení pevnosti v tlaku u pórovitých stavebních materiálů s relativně vysokou nasákavostí. Jedná se o snížení až o desítky procent ve srovnání s vysušeným stavem kamene, pálených cihel, malty, vápenopískových cihel a dalších materiálů. Negativní až fatální dopad na pevnost má vlhkost u hliněných cihel, kde dochází k totální destrukci. Naopak u betonu, pokud vlhkost není doprovázena mrazem nebo působením chemických látek, se pevnost zvyšuje a můžeme říci, že betonu prospívá.

U konstrukcí zděných je také důležité jaký druh a kvalitu spojovací malty použijeme. Vážnější poruchy mohou nastat s použitím hliněné malty na zdivo. Kamenné opukové zdivo, vyzděné ze dvou líců s příležitostně vázanými společnými kameny zalévanými drobnou opukovou drtí smíšenou s jílem, se mezi jednotlivými stavebními prvky vazby také rozpadají.

V tabulce 2. 1. je uvedena závislost vlhkosti na pevnosti u jednotlivých materiálů. [3]

	Pevnost [MPa]	Vlhkost [%]	Pevnost [MPa]	Vlhkost [%]	Poměr pevností
<b>Cihly</b>	suché		nasáklé		
Pevnost v tlaku	16,1	1,95	7,68	16,81	0,477
Tah za ohybu	3,30	1,95	1,14	16,81	0,345
<b>Malta</b>	suché		nasáklé		
Pevnost v tlaku	1,06	0,86	0,83	13,45	0,783
Tah za ohybu	0,34	0,86	0,08	13,45	0,235

Tab 2.1. Závislost vlhkosti na pevnosti [3]

Do mechanicko – fyzikálních vlastností řadíme i odolnost konstrukce proti mrazu. Zkoušku provádíme na kombinaci mrazu a vlhkosti. Popis této zkoušky pro pálené zdící prvky nalezneme v normě ČSN EN 772 – 22 (722635);

Zkušební metody pro zdicí prvky – Část 22: Stanovení mrazuvzdornosti pálených zdicích prvků.

Dalším nežádoucím jevem vlhkosti je ovlivnění deformačního chování. Čím vyšší vlhkost je v konstrukci, tím více je prvek změkčován a snižuje se jeho modul pružnosti. Díky těmto dvěma faktorům je vysoké riziko nadměrných deformací konstrukce, jak ve svislém, tak ve vodorovném směru.

V již zmíněné tabulce 4. 1. můžeme vidět, že pevnosti vodou nasáklého materiálu jsou o několik desítek procent menší, než pevnosti suché konstrukce. To stejné platí i pro modul pružnosti. Ten se takové mění v řádech desítek procent. [3]

Při rekonstrukci vlhkého objektu je statické posouzení objektu jedním z posudků, který bychom měli provést. Nosné konstrukce, které přenáší vlastní tíhu, provozní zatížení a ostatní proměnné nebo i extrémní zatížení, rozdělujeme na svislé a vodorovné nosné konstrukce.

Pokud už provádíme sanační zásah, je nutno se rozhodnout, zda nosné konstrukce nejsou porušené natolik, že by objekt byl nebezpečný pro obyvatele a pro nejbližší okolí. Nejlepší způsob, jak tento stav vyhodnotit, je provést průzkum. Provedeme tedy stavebně-technický průzkum, při kterém zjišťujeme celkový stav konstrukcí, jak jsou provedeny, jejich geometrické uspořádání, změny a odchylky od původního projektu a v neposlední řadě i konstrukční řešení objektu. Dále také zatížení, jeho historii, velikost a povahu, materiálové složení a vlhkost jednotlivých materiálů, poruchy a vady konstrukcí a samozřejmě jejich příčiny. Průzkum provedeme i v úrovni základů a určíme hydrogeologické podmínky. Posoudit bychom měli i faktory vnějšího prostředí a okolí stavby, jaký vliv mají na posuzovaný objekt. Dle rozsahu a hloubky zkoumání, dělíme průzkum do třech fází:

- předběžný
- podrobný
- doplňkový

V předběžném průzkumu jsou důležité veškeré dostupné podklady a informace o objektu. Mezi ně řadíme stavební projekt a k tomu potřebnou dokumentaci, stavební deník, způsoby využití objektu, informace o opravách a okolní stavební činnosti. Měli bychom také znát základní údaje a materiálu a fyzickém stavu konstrukcí a budovy jako celku. Pod těmito pojmy si můžeme představit

přetvoření konstrukcí, viditelné trhliny a například i opotřebovanost. K úplnému předběžnému průzkumu zjistíme ještě technické vybavení budovy, její uspořádání a funkci (např. geometrii a velikost místností, polohy schodiště, výtahy a vybavenost). Základem jsou tzv. smyslové metody a ty zahrnují vizuální prohlídku, odezvu konstrukce na poklep, kvalitu povrchů, jejich tvrdost a drsnost a případný rozpad. Pokud bychom předběžný průzkum doplnili výpověďmi vlastníků, kteří by nám blíže specifikovali stáří konstrukce, materiálové složení, charakter základové půdy a základů, je možné s těmito informacemi dále pracovat.

V další části, tj. podrobném průzkumu, se zabýváme převážně stavem nosných konstrukcí, podle jejichž stavu se rozhodne, jakým způsobem se bude dále ubírat jejich rekonstrukce. U jednotlivých skupin konstrukcí musíme podrobněji znát materiál, rozměry, pevnostní charakteristiky, skladbu a stav (i porušený), zatížení a vzájemné uspořádání. Pokud tyto informace máme, jedná se o tzv. reálné posouzení. Je potřebné znát stav základů a základových poměrů, podzemních částí, svislých nosných a obvodových konstrukcí, překladů, vodorovných konstrukcí společně s balkóny, arkýři a lodžemi. Dále stav krovu, střešních konstrukcí a schodišť. V této skupině objektů se nacházejí také římsy, markýzy, komínová tělesa, osvětlovací šachty, krytina a oplechování a stav povrchových úprav u těchto částí. V rámci průzkumu je dobré určit příčiny a závažnosti poruch, stupeň opotřebení a degradaci materiálu a konstrukcí. Můžeme také blíže specifikovat stavebně-technické vlastnosti (např. tepelně-technické nebo akustické). Pro komplexní posudek je nezbytné mít co možná nejpodrobnější znalosti. Pro komplexní posudek je dobré znát i základové poměry a stav podzemní vody. S kolísáním hladiny podzemní vody dochází ke změně v napjatosti podloží, která vede až k narušení základů, podlah a poté stěn. S tím související sedání základů může způsobit poruchy, jako jsou trhliny ve stropech a zdech. Pokud máme pochybnosti o založení konstrukce, můžeme provést kopanou sondu pod úroveň základové spáry a průzkum základové půdy a materiálů základů.

Poslední část, doplňkový průzkum, nám upřesní a doplní technické údaje o materiálech a konstrukcích, provedeme zhodnocení analýzy příčin a závažnosti poruch, důsledků, které vyplývají z návrhových úprav a změn apod. Pro průzkum se nejčastěji využívají zkušební metody v podobě statických a



dynamických zkoušek in situ. Tyto zkušební metody považujeme za nejspolehlivější zdroj informací o vlastnostech konstrukce. Posouzení ustálenosti konstrukce a objasnění příčin poruchy se posuzuje za pomoci osazení citlivých indikátorů (monitoring).

Pro přesnější zjištění mechanických a fyzikálních vlastností, se v podrobném, případně doplňkovém průzkumu, využívají nedestruktivní a destruktivní přístrojové metody. [3]

#### **4.2. Nedestruktivní metody**

Jedná se o metody, které konstrukci, při jejím zkoumání vůbec neporuší (nebo jen minimálně). Při jejich využití se můžeme často vyhnout určitým destruktivním zásahům. Většinou se jedná o zpřístupnění zkoumané konstrukce. Musíme podotknout, že metody měří určité fyzikální veličiny, pomocí kterých, díky staticky ověřeným kalibračním vztahům, určíme veličinu potřebnou. Ve stavebnictví se používají tyto nedestruktivní metody:

- vizuální (optická) prohlídka, získání rozměrů, velikosti posunů a deformací, tvrdoměrné (sklerometrické) metody, dynamické metody a metody místního porušení
- elektromagnetické, elektrochemické, radiometrické metody, radiografické a rentgenografické metody, metody měření vlhkosti a infračervené diagnostiky.

Elektromagnetické metody (indukčnostní a mikrovlnné) využívají elektromagnetické vlastnosti zkoušených materiálů. Elektrické (odporové a kapacitní) jsou založené na elektrickém odporu, stanovení kapacity a jiných elektrických vlastnostech u daného materiálu. Radiační metody jsou závislé na zeslabení ionizujícího záření v materiálu a také na moderaci rychlých neutronů na jádrech vodíku. [1]

#### **4.3. Destruktivní metody**

Metody vyžadují pro stanovení vlastností, kterou ověřujeme, úplné porušení celé nebo jen části konstrukce. Když bychom neporušili konstrukci zkouškou, může dojít k tomu, že ji porušíme v důsledku odebrání vzorku nebo odkrýváním míst, ke kterým se těžko dostaneme. I odebraný vzorek se při zkouškách zničí. Můžeme je rozdělit na destruktivně pevnostní a jiné zkoušky in situ nebo

v laboratoři a ověřovací sondy do stavebních konstrukcí, jako je odstranění omítek, odkrytí stropních trámů, sondy k základům aj. Řadíme sem zejména pevnostní zkoušky v tlaku a za ohybu. Provádíme je na zkušebních tělesech. Dalšími zkouškami jsou chemické rozbor, stanovení vlhkosti, objemové hmotnosti, pórovitosti a dalších vlastností na vzorcích z konstrukce. Nesmíme zapomenout na zatěžovací zkoušky na vybraných částech konstrukce.

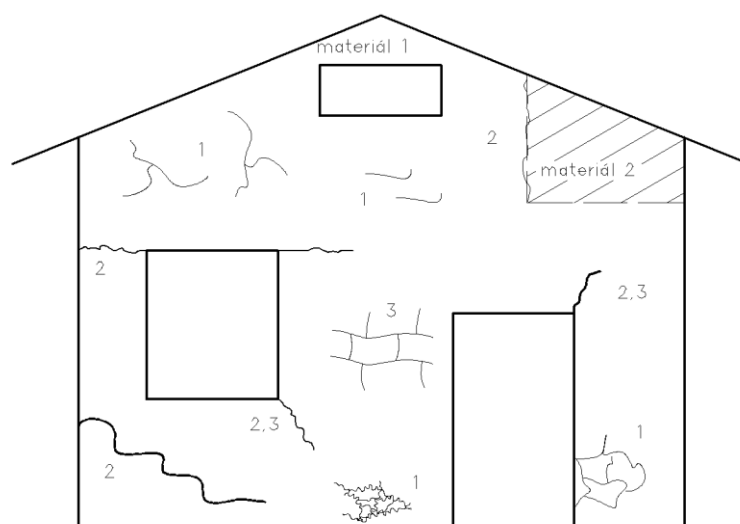
Pokud bychom u sledované konstrukce prokázali, že na ní, ani na materiálech konstrukce nejsou žádné podstatné poruchy a vady a materiál se shoduje s materiálem, který je v projektu, můžeme stavebně-statický stav posuzovat v souladu s ČSN 73 0038 Hodnocení a ověřování existujících konstrukcí – doplňující ustanovení. Díky této normě může být omezen rozsah experimentálních ověření a zkoušek (i redukce odebraných vzorků a sond) jen na kontrolní zkoušky. [3]

#### 4.4. Trhliny

Významný a viditelný indikátor porušení konstrukce jsou právě trhliny. Důležité, pro návrh sanačního opatření je vyhodnocení příčin a charakteru trhlin. Na konstrukci, na které dochází k porušení, pozorujeme lokální poruchy, jako jsou již zmiňované trhliny a místní drcení cihel nebo malty. Jako odezva k těmto dějům se na povrchu konstrukce (na jejich omítkách) objeví trhliny. Porušení objektu nemůžeme hodnotit podle tloušťky trhliny. I nepatrná trhlinka po výšce pilíře může předznamenat havarijní situaci. A naopak velmi popraskaná omítka s trhlinami, širokými několik milimetrů, se může projevit jen jako nepříjemná estetická vada a na statiku budovy to nemusí mít vůbec vliv. Měli bychom si tedy položit otázku, zda trhliny signalizují přetížení konstrukce nebo to jsou trhliny, které vznikly při objemových změnách materiálu, případně dotvarováním konstrukce. V nejhorším případě trhliny ovlivní statickou spolehlivost konstrukce a měli bychom neprodleně provést sanační opatření. V ostatních případech vnímáme porušení trhlinou jen jako problém estetického charakteru. U stavebních hmot, bohatých na minerály, je téměř nemožné vyloučit vznik trhliny. Vhodné posouzení značně závisí na zkušenostech posuzovatele. Můžeme říct, že se jedná o velmi subjektivní činnost. Dále bychom se měli zamyslet nad ním, zda trhliny jsou ve stavu, který můžeme označit za konečný nebo v budoucnu bude tvorba trhlin pokračovat a také jestli

jsou příznakem procesů jen v omítce nebo i v podkladní konstrukci. Pokračování tvorby trhlin můžeme odvodit ze stáří budovy, ze stáří trhlin nebo z toho, za jakých okolností vznikly. V druhém případě rozdělujeme trhliny na tři skupiny:

- Trhliny, které primárně vznikají na omítnuté části konstrukce a poté se prokreslují i do dalších vrstev omítky. Nazýváme je konstrukčně podmíněné trhliny.
- Trhliny, objevující se výhradně na omítkách. O těchto mluvíme jako o trhlínách podmíněných omítkou.
- Jejich kombinace



1 - trhliny podmíněné omítkou, 2 – trhliny konstrukčně podmíněné,  
3 – trhliny kombinovaně podmíněné.

Obr. 4.1 Grafické znázornění rozdělení trhlin

#### 4.4.1. Konstrukčně podmíněné trhliny

Ze statického hlediska jsou tyto trhliny nejvýznamnější. Záleží na změně polohy, tvaru či objemu konstrukce. Při změně těchto parametrů dochází k jejich vzniku. Příčiny trhlin můžeme rozdělit na dva podtypy:

- Místní poruchy podkladní vrstvy omítky – neznamenaají statický problém, jedná se o změny objemu a rozdíly v přetvoření podkladu omítky při užití odlišných stavebních materiálů, které mají různé fyzikální vlastnosti, např. nasákavost nebo tepelná vodivost
- Statické vlivy nosných konstrukcí – patří sem změny objemu, tvaru nebo polohy nosné či omítnuté konstrukce, např.: změna délky

z důvodu sedání, změna tvaru díky průhybu konstrukce, objemové změny při smršťování, zatížení nebo kolísání teploty

U těchto dvou typů musíme rozlišit, zda se jedná o jednorázová a konečná přetvoření nebo o taková přetvoření, která se opakují nebo trvají.

#### **4.4.2. Omítkou podmíněné trhliny**

Tyto trhliny také jsou staticky nevýznamné a vznikají při špatném zpracování omítky nebo nevhodné volbě materiálu. Můžeme sem zařadit:

- Kapsové trhliny – v plastické maltě, převážně krátké a vodorovně probíhající. Pokud je vrstva omítky silná, špatně přilne k podkladu nebo je konzistence měkká a povrch je hlazen velmi intenzivně a dlouho, tyto trhliny vznikají
- Smršťovací trhliny – v čerstvé omítce je můžeme vidět jako síťovitě rozložené a prokreslují se 1 až 2 hodiny po nanesení omítky. Pokud bychom vhodně ošetřili omítku, aby nedocházelo k příliš rychlému vysychání povrchu, můžeme zabránit jejich vzniku.
- Smršťovací trhliny – v omítce, která je zatvrdlá, mají podobu sítě nebo jsou rozdvojené (y – forma). V takovém případě mohou zasahovat až do podkladu. Vznikají v průběhu prvního nebo druhého měsíce od dokončení omítek
- Trhliny z nadbytku jemných částic – prokreslí se na konstrukci v podobě krátkých vlasových trhlín, které zasahují pouze na povrch omítky. Trhliny vznikají v důsledku nadměrného použití jemných částic na povrchu omítky a závisí také na použitém omítkovém systému a způsobu zpracování. [3]

#### **4.4.3. Trhliny podmíněné kombinovaně omítkou nebo konstrukcí**

V případě těchto trhlín rozlišujeme dvě základní skupiny:

- Rohové trhliny – vznikají v důsledku koncentrace napětí v koutech otvorů, v omítkách nebo ve stěnách. Navazují diagonálně na rohy pravoúhlých otvorů v omítce či zdivu.
- Spárové trhliny – jsou takové trhliny, které tvoří pravidelný obrazec a ten připomíná průběh ložných spár zdiva. [3]

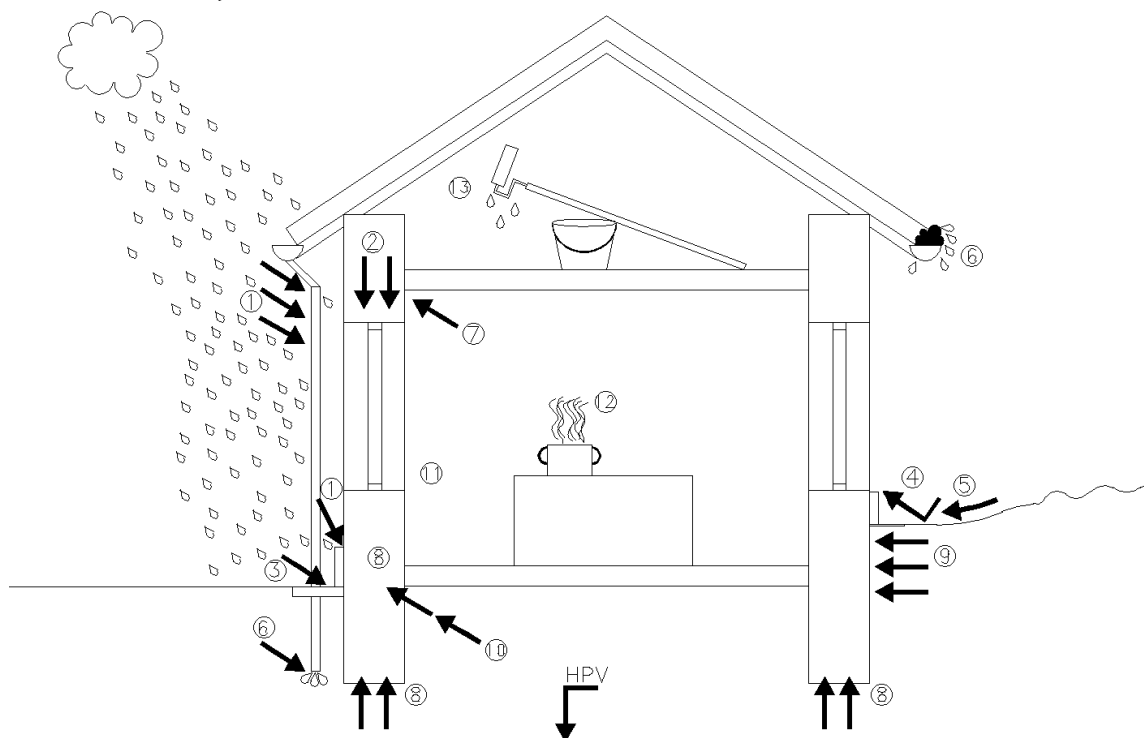
Na stavu napětí v konstrukci a na skladbě konstrukce (monolitická, prefabrikovaná) je závislý směr a poloha trhlin. Obecně je velmi obecně stanovit vznik trhlin v konstrukci, díky mnohotvárnosti staviv, ale jsou zavedena jistá pravidla pro jejich posuzování. Můžeme říct, že směr trhliny je kolmý na směr působení sil, které jsou příčinou vzniku. Podle této zásady určíme zdroje sil a tím odhalíme příčiny vzniku trhlin. U cihelného zdiva se trhliny objeví v maltových spárách nebo cihlách. Trhliny můžeme rozdělit do dvou skupin:

- Smykové trhliny – jen zřídka se vyskytují v ložných spárách nebo svislých rovinách, kde se stýkají dvě na sebe kolmé stěny a nejsou souvislé. Jsou složeny ze soustavy velmi jemných šikmých tahových trhlin. Trhliny naznačují, že nastal posun mezi horními povrchy dvou vzájemně kolmých stěn
- Tahové trhliny – směr trhlin je svislý a vznikají ve styčných spárách a šíří se hmotou cihly nahoru i dolů. Objevují se u zděných sloupů, stěn, meziokenních pilířů atd., které jsou zatíženy svislou silou a vzniká kvůli příčnému přetvoření a vzniku příčných tahů. [3]

#### **4.5. Posudek zděných konstrukcí**

Nejčastěji jsou prvky zdiva zasaženy vlhkostí v oblastech sklepa nebo prvních nadzemních podlaží. Konstrukce jsou většinou zděné z různých kusových staviv na různé typy malt. Proto když provádíme výpočet, musíme posoudit všechny činitele, které ovlivňují výpočet. Na základě vyhodnocení určíme výpočetní charakteristiky. Nejvíce žádaným parametrem při výpočtu je pevnost zdiva. Pevnost v tlaku určujeme na základě pevnosti v tlaku jednotlivých složek, tj. kusového staviva a malty. Konstrukci můžeme posoudit i jako celek. [3]

## 5. ZDROJE ZVÝŠENÉ VLHKOSTI



1 – Dešťová voda stékající z boku, po povrchu zdiva, 2 – Volná voda pronikající stavebními vadami, 3 – volná voda vnikající do zdiva špatným stavebním detailem, 4 – Voda odstříkující, 5 – Voda stékající volně po povrchu, 6 – Špatný stav instalací, dešťových svodů, 7 – Kondenzace v místech nedostatečné TI, 8 – Voda vztlínající z podzákladí, 9 – Voda vnikající do zdiva z boků, 10 – Spolu s vodou proniká i sůl do konstrukce, 11 – Hygroskopická voda, 12 – zvýšení vlhkosti v interiéru, 13 – Stavební vlhkost díky mokřým procesům.

Obr. 5.1 Pronikání vlhkosti do objektu

Podle způsobu a místa, kde voda vniká do konstrukce, můžeme vodu rozdělit na:

- Atmosférickou vodu – ve všech skupenství se objevuje v ovzduší a je tvořena vlhkostí vzduchu, atmosférickými srážkami a dalšími podporujícími vlivy (tvar budovy, pohyb vzduchu a chemické činitele)
- Podpovrchovou vodu – v zemině a v podzákladí budov můžeme vodu rozdělit na půdní, gravitační, kapilární a podzemní (nachází se pod hladinou podzemní vody)
- Provozní vlhkost – uvnitř objektu probíhají určité technologické procesy.

Výše zmíněné druhy se mohou vzájemně prolínat. K rozlišení vlhkostí nám pomohou znalosti fyzikálních zákonů, které nám říkají, jakým způsobem bude vlhkost do objektu vnikat. Např. v zeminách máme vázanou vodu, která se dá rozdělit do tří kategorií.

- Absorpční – půdními částicemi je pevně vázaná a kolem vodních částic má charakteristickou tloušťku vodního obalu
- Kapilární – můžeme se s ní setkat ve dvou formách, a to jako voda kapilárně vztlínající a voda kapilárně zavěšená. V druhém případě se voda zadržuje povrchovými vrstvami v zemině delší dobu (po srážkách). S podzemní vodou nijak nesouvisí a je v rovnovážném stavu.
- Gravitační – Pokud mají částice více jak 1 mm, nachází se zde voda gravitační. [3]

Vlhkost můžeme rozdělit podle zdrojů, které na konstrukci působí. Zdroje jsou rozděleny jako:

### 5.1. Voda srážková

Srážkovou vodu můžeme rozdělit do tří druhů. Prvním druhem je tzv. voda odstříkující, se kterou se setkáváme především ve spodní části soklového zdiva. V těchto místech je větší namáhání od odstříkující vody a v zimním období od vody z tajícího sněhu a také od solí z chemických posypů chodníků. Pokud je detail nesprávně řešený, na vodorovné hraně soklu dochází k odrážení dešťových kapek a následnému zmáčení zdiva. Stejný problém musíme řešit, pokud okapový chodník má nulový sklon od objektu.

Dalším druhem srážkové vody je voda hnaná větrem. Tento problém se týká částí budov, které jsou na návětrné straně. Voda proniká do velké hloubky trhlinami za pomoci značného tlaku nárazu vodních kapek. Díky těmto trhlinám se také zvětšuje propustnost povrchu zdiva. Větší nebezpečí vlhkosti také hrozí u budov, které nejsou omítnuty.

Posledním ze tří druhů je voda pronikající komínovým průduchem. Pokud chceme zabránit vniku vody, měli bychom zastřešit komín komínovým nástavcem. Pokud takto neučiníme, voda stéká za deště po stěnách komína a na dně se nám začne hromadit. Odkud se začne vsakovat do okolního zdiva.

### 5.2. Voda vztlínající zemní vlhkost

S touto vodou se setkáváme v pórovitém horninovém prostředí a je vázaná sorpčními a kapilárními silami. Proniká do konstrukce díky kapilárnímu vztlínání

z podzákladí, a pokud nemáme v objektu plošnou svislou fungující hydroizolaci u podsklepených objektů, tak i ze zeminy, která objekt obklopuje pod úrovní terénu.

Kapilarita otevřených pórů zeminy způsobí přísun vody do základového zdiva. Pronikáním vodní páry z podzákladí a zkondenzováním vody v základovém zdivu je voda nasávána póry zdiva a kapilárními silami se zdivem posouvá vzhůru.

Podle množství vody, která se dostane do kontaktu se zdivem, se mění intenzita vztlínání vlhkosti. Čím je vydatnější zdroj, tím více intenzita roste. Dále souvisí i s propustností zeminy.

### **5.3. Voda kondenzující na vnitřním povrchu konstrukce**

Jakmile poklesne teplota vnitřního povrchu konstrukce pod teplotu rosného bodu vzduchu uvnitř, dochází ke kondenzaci. Kondenzace se objevuje jak na úrovni terénu, tak i pod úrovní terénu. Lokální projev zkondenzované vlhkosti je především v okolí tepelných mostů.

### **5.4. Voda působící hydrostatickým tlakem**

Mluvíme o vodě, která je v různých dutinách a působením gravitační síly proniká po pórech zdiva a pórů zeminy. Při tání sněhu na jaře a při přívalových deštích se vzedmutá svahová voda a dočasně vysoká podzemní voda do konstrukce dostává pod tlakem, a to vyvolává hydrostatický tlak v celém kapilárním systému.

### **5.5. Hygroscopicita stavebního materiálu**

Pokud máme stavební materiál obsahující soli s hygroscopickými vlastnostmi, přejímá vodu z okolního vzduchu. Rovnovážná vlhkost stavebního materiálu je ovlivňována právě těmito solemi, a jestliže je v materiálu vysoký obsah solí, může dojít až k několikanásobku rovnovážné vlhkosti materiálu nezasoleného.

### **5.6. Zabudovaná technologická voda**

Hovoříme o stavební vlhkosti, která se ve stavebním materiálu nachází od začátku výstavby. Odpařování této vlhkosti probíhá v rozmezí 1,5 – 3 roky. Při realizaci nových omítek dochází k přirozenému odpařování po dobu 1 roku, v závislosti na použitém materiálu a tloušťce omítky.



### **5.7. Další zdroje vody**

Do této kategorie můžeme zahrnout poškození střešní krytiny, průnik vody z poškozených sanitárních instalací a chybějící, nečištěné nebo rozbité okapy či dešťové svody. [3]

## 6. PROJEVY VLHKOSTI

### 6.1. Povrchy

Vlhkost se projevuje nejčastěji jako estetická porucha (skvrna) na povrchu konstrukce, dále pak odlupování nátěru nebo i narušení omítky. Tento znak vede k degradaci omítek a zásadně to ovlivní životnost dané konstrukce. Aby se tomuto problému předcházelo, v zahraničí zavedl DIN (Deutscher Institut für Normung) do normy stejného označení (DIN = Deutsche Industrie – Norm) omítky, které jsou rozděleny podle kapilární nasákavosti. V tabulce 6.1 jsou hodnoty kapilární nasákavosti jednotlivých materiálů a také čas, po kterém se v materiálu začne objevovat voda v kapilárách.

Druh omítek	Kapilární nasákavost [kg/m <sup>2</sup> ]	Po čase [min]
Lehčená jádrová	$\geq 2$	30
TI s minerálními lehkými přísadami	$\leq 2$	120
Soklová jádrová	$\leq 1$	120
Pórovitá jádrová	$\geq 2$	30
Sanační	$\leq 1$	120
Jednovrstvá venkovní	$\leq 2$	30

Tab. 6.1. Materiál dle kapilární nasákavosti [3]

Toto rozlišení nám říká, která omítka se hodí na které zatížení vlhkostí z vnější strany. Musíme ještě brát v úvahu fakt, že norma už nepopisuje odolnost omítky proti vlhkosti vztlínající ze země. A právě tato vlhkost je nejčastější příčina poruch spodní stavby. Nemůžeme tedy rozlišovat omítky jen podle zatížení vlhkostí. Musíme brát v potaz i jiné vlastnosti, jako například difúzní odpor a pórovitost. [3]

#### 6.1.1. Difúzní odpor

Veličina se udává jako převrácená hodnota prostupu vodní páry. Vzorec pro výpočet difúzního odporu vzhledem k:

- objemové vlhkosti

$$Z_n = 1 / W_v \quad [2]$$

- částečnému tlaku vodní páry

$$Z_n = 1 / W_p \quad [2]$$

### 6.1.2 Pórovitost

Definujeme ji jako doplněk hutnosti do 100 % a výpočet provádíme jako podíl objemu pórů a možných dutin k celkovému objemu vysušené, pórovité látky:

$$P_{\%} = 100(1 - H) = 100((\rho - \rho_v/\rho) [\%])$$

$H$	hutnost	[ - ]
$\rho$	hustota (měrná hmotnost) látky	[kg.m <sup>-3</sup> ]
$\rho_v$	objemová hmotnost zrn (i s póry)	[kg.m <sup>-3</sup> ]

Tuto pórovitost můžeme znát i pod názvem pravá pórovitost. [1]

Když použijeme špatný druh soklové omítky, která je svými vlastnostmi špatně paropropustná, může se stát, že u vztlínající vlhkosti zatíženého zdiva se zhorší zásadně stav vlhkosti v celé konstrukci. Ještě dnes se provádí obklady vlhkého zdiva nepropustným keramickým obkladem, což je extrém.

Abychom správně zvolili povrchovou úpravu, musíme analyzovat příčiny vlhkosti a správně navrhnout omítku z hlediska vlastností a technologické skladby. Tabulka 6.2 je zde z toho důvodu, abychom si udělali jakýsi přehled, na jakou část konstrukce se hodí jaká omítka.[3]

Druh omítek	Správně použití
Tepelně izolační	exteriér, nutná hydrofobizace nátěrem
Soklová jádrová	exponovaná komunikace
Sanační	zdivo zatížené vztlínající zemní vlhkostí
Izolační	vnější strana zdiva zatížená vlhkostí z terénu
Vápenná	interiéry - koupelny, omítky dobře dýchají
Hliněná	interiér, výrazná regulace vlhkosti vzduchu

Tab. 6.2. Vhodné využití omítek [3]

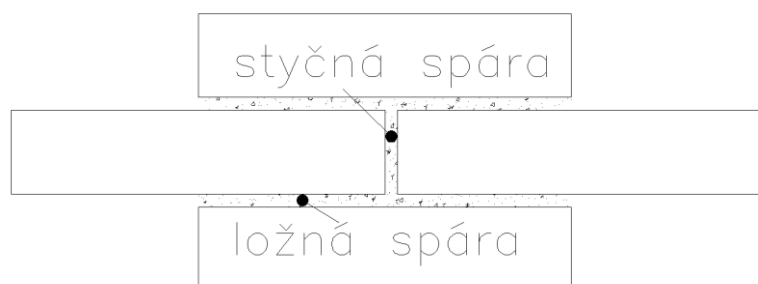
## 6.2. Svislé konstrukce, stropy, klenby, podlahy

### 6.2.1. Svislé zdivo, obvodové a nosné výplně

Tyto konstrukce (částečně i zdivo říček) jsou především namáhány vlhkostí, která proniká do zdiva z částí, kde se drží voda (např. dvůr, chodník atd.). Dále pak vlhkostí vztlínající do zdiva z podzákladí a v neposlední řadě i vlhkostí obsažené na povrchu zdiva, kde kondenzuje vlivem tepelně technických vlastností a také špatným pohybem vzduchu a jeho kvalitou (větráním).

Na povrchu se tedy projeví klasické vlhkostní mapy, které vedou, spolu se salinitou k hloubkovému rozpadu zdiva. V první fázi konstrukce degraduje mechanicky, dochází k „měkčení“ materiálu. Cihelné zdivo po degradaci má zachováno pouze rastry cementových spár. Oproti tomu u zdiva kamenného se vysypou nejdříve spáry. Je to tím, že u kamenného zdiva záleží na kvalitě ložné spáry. [3]

Pro ilustraci je zde obr. 6.2., na kterém je zakreslena ložná a styčná spára zdiva.



Obr. 6.1. Ložná a styčná spára [3]

Podle hlavní příčiny poruchy se mění i tvar mapy. Když hlavní porucha je voda vzlínající z podzákladí, úroveň vlhkostní mapy se zvyšuje v oblasti schodišť a výtahů, v koutech podél obvodu a v místech, kde se stýká obvodová zeď s nosnou střední zdí. [3]

### 6.2.2. Stropy a klenby

Vlhkost u těchto konstrukcí není ani tak způsobena terénem, jako spíše hmotnostní vlhkostí svislých konstrukcí, vlastnostmi stavebních konstrukcí a také i prostorovou relativní vlhkostí v místnostech kolem těchto svislých konstrukcí. Další možností, jak se do svislých konstrukcí dostane vlhkost, je přes zavlhlou zeď nebo prostupem vodních par z ostatních prostor. U kleneb je ještě problém s velkou konstrukční výškou. Vlhkost se zde může, v oblasti patek, zadržovat dlouhodobě. Co ještě více negativně ovlivní vlhkostní stav, je mokrá stavební proces při rekonstrukci. Nejčastější oblasti s výskytem vlhkosti jsou tam, kde se stýká strop s obvodovou klenbou, dále v patkách kleneb a také ve vrstvách pod nášlapnými vrstvami podlah. [3]

### 6.2.3. Podlahy na kontaktu s terénem

Podlahové vrstvy se v důsledku vlhkosti často vzdouvají, dřevěné podlahy podléhají hnilobě. Tyto prostory jsou vhodné pro výskyt hub a plísní.

Tomuto problému můžeme zabránit následovně:

- Provést izolaci nosných zdí a skladby podlahy
- Zajistit dobré izolační spojení podlahy a zdi
- Vhodným typem plošné hydroizolace

Častý problém, který není tak lehce řešitelný a my ho nemůžeme ani moc ovlivnit, je vysoká vlhkost zeminy, na které je objekt postaven nebo je-li v blízkosti objektu je vodní útvar (řeka, jezero, aj.) [3]

### 6.3. Vnitřní prostředí

Vlhkost ve vnitřním prostředí se dá popsat různými fyzikálními veličinami. Ty můžeme shrnout do níže uvedené tabulky 6.3.

Interní mikroklima	Základní veličiny	Charakter	Zdroje
Tepelně vlhkostní	Teplota (°C), relativní (%) a absolutní (g/m <sup>3</sup> ) vlhkost vzduchu	Teplo, vodní pára	Lidé a technologie
Mikrobiální	Koncentrace mikroorganismů (1/m <sup>3</sup> )	Mikroorganismy ve vzduchu	Lidé, flora a fauna
Toxické	Koncentrace toxických látek (mg/m <sup>3</sup> )	Plynné škodliviny ve vzduchu	Spalování, oxidy uhlíky a dusíku
Odérové	Koncentrace plyných látek (mg/m <sup>3</sup> , p. p. m.)	Vůně a zápach	Kosmetika a cigarety
Aerosolové	Koncentrace aerosolů (mg/m <sup>3</sup> )	Pevné a plynné části ve vzduchu	Prach nebo aplikace nátěrů
Elektrostatické	Elektrostatický náboj (V)	Statická elektřina	Dynamický styk a oddělení pevných částí
Akustické	Hladina akustického tlaku (dB)	Hluk	Lidé, zařízení a technologie

Tab. 6.3. Vlhkost vnitřního prostředí [3]

#### 6.3.1. Příčiny vlhkosti

Ve vnitřním prostředí vlhkost roste díky nedostatečné údržbě (např. poškozená krytina, zanesená drenáž nebo zanesené okapy), změně systému vytápění nebo užívání objektu, nevhodným stavebním zásahům (parotěsné podlahy, zazdění

větracích průduchů), změně hydrogeologických podmínek (zvýšení HPV) a v neposlední řadě i díky změně provozních parametrů vzduchu uvnitř budovy, kde nejsou konstrukce dimenzovány pro tyto účely (zvýšení teploty).

Díky vlhkostní a teplotní změně v objektu vzniká povrchová kondenzace. Pod pojmy vlhkostní a teplotní změna rozumíme proces vytápění, větrání aj. Vlhkostní změny jsou různé v různých částech stavebního objektu (koupelna 700 – 2600 g/h). Vodní pára v průměrném bytě může dojít až k hodnotě 15 kg/den. Vlhkost také ovlivníme tím, jakým způsobem topíme, jak jsou v domě rozvrženy místnosti a také tím, že se v bytě nachází jiné (lokální) zdroje. Za tyto zdroje se dá považovat akvárium či pěstování květin. Ovšem nejsou to jen hmotné věci, které vlhkost ovlivní. Měli bychom brát v potaz i klimatické jevy. Zvláště pak různé počasí v ročních obdobích. V zimě můžeme očekávat kondenzaci vody v částech, které nejsou dobře izolovány. Na jaře a začátkem léta se tento stav projeví u konstrukcí, které nejsou vytápěny. Zkondenzovaná voda se nachází na chladných místech s vysokou tepelnou akumulací. V tomto období je vevnitř stále ještě chladnější vzduch než venku. A právě když tyto místnosti větráme, vzduch teplejší jde dovnitř a na stěnách místnosti voda kondenzuje. Pokud bychom chtěli tomuto jevu zabránit, musíme se řídit určitými předpoklady:

- V zimním období objekt temperovat,
- Relativní vlhkost vzduchu by neměla přesáhnout 50 %,
- Zajistit výměnu vzduchu v místnostech (větrání okny)
- Výrazně omezit produkci vlhkosti v bytě
- Použitím ventilace odstranit lokální zdroje vzniku par
- Ponechat mezi stěnou a nábytkem prostor (cca 50 mm)
- Na začátku užívání objektu by se intenzita větrání a topení měla razantně zvýšit. [3]

### 6.3.2. Důsledky vlhkostních změn

Vlhkostní změny způsobí degradaci stavebního materiálu a také dokážou stavby znehodnotit biologickými faktory. U dřevěných konstrukcí je to například hniloba.

Především se jedná o plísně a degradační procesy, spojené s rozpadem omítkových vrstev a pojiva, dále následuje povrchové porušení a vede až

k rozpadu staviva a dalším poruchám. Ve chvíli, kdy konstrukce začne vykazovat silné vlhkostní změny, dochází uvnitř k nasycení pórů a kapilár v konstrukci. Tímto jevem do konstrukce intenzivněji proniká teplo a zvyšuje se tepelná vodivost materiálu. Jev je nežádoucí, protože dochází ke značnému úbytku tepla.

Tím, že bychom vlhkost odstranili vysoušením vzduchu, může být také nežádoucí. Kdyby se vlhkost v objektu dostala na minimální hodnoty, došlo by ke smršťování hmoty. To může vést až ke vzniku trhlin a k rozpadu materiálu. U neomítnutého zdiva dochází k drolení a následně rozpadu pojiva (tzv. prášení opuky).

### 6.3.3. Biologické znehodnocení staveb

Tím, že vlhkost se v objektu udržuje delší dobu, vznikají na vlhkém povrchu konstrukce mikroorganismy. Spory těchto mikroorganismů (plísňí) jsou ve vzduchu přítomny stále. To ještě neznamená, že se začnou rozrůstat a napadat konstrukci. K jejich rozvoji je třeba obstarat optimální (rizikové) podmínky. Za tyto podmínky můžeme považovat relativní vlhkost vzduchu  $\phi_i$ , která překročí 80 % a vlhkost omítky větší jak 4 %. Vyhláška č. 6/2003 Sb., která stanovuje hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytových místností u některých staveb, nám udává mikroklimatické, teplotní a vlhkostní podmínky a parametry, při němž proudí vzduch. Pro teplé období by  $\phi_i$  měla dosáhnout nejvýše 65 % a v části roku, kdy je chladněji, by neměla přesáhnout 30 %.

Plísňe začínají svůj růst již kolem 60 % relativní vlhkosti vzduchu, ovšem aktivní růst se registruje právě při relativní vlhkosti v rozmezí 75 – 80 %. Za aktivní růst považujeme tvorbu metabolitů a produkce oxidu uhličitého. Jakmile se  $\phi_i = 100$  %, aktivní růst vrcholí. Tato fáze je spojená s úbytkem růstu plísňí. Nejspíše je to tím, že na povrchu konstrukce se začne objevovat tenká vrstva vody, která brání průniku kyslíku.

Ne vždy dochází k růstu mikrobů jen ve vlhkém prostředí. Můžeme zaznamenat i případy, kdy okolí konstrukce je suché a přesto se zde mikroby vyskytují. Jako příklad můžeme uvést mikromycety (houby). Pro jejich rozvoj postačí i velmi krátký čas, kdy se v konstrukci vyskytovala vlhkost. Okamžitě začnou zrán, dokončí svůj vývoj a konstrukci zamoří svými zárodky.

Z tohoto tvrzení můžeme vyvodit, že není snadné najít vztah, který by nám říkal, při jakých vlhkostních podmínkách dostaneme určitý počet zárodků.

Během dne relativní vlhkost kolísá (např. při větrání se snižuje) a obsah vlhkosti zde hraje významnou roli. Při kolísání  $\phi_i$  je pro růst plísní nevhodné období. Ovšem v těsné blízkosti konstrukce se vyskytuje mezní vrstva, označujeme ji také jako mikroklimatickou vrstvu, a právě ona pomáhá překonat toto nepříznivé období.

Co musíme zmínit, je také to, že plísně se na konstrukci začnou vyskytovat až tehdy, kdy dojde k ustálení vlhkosti. Nejčastěji bereme ustálenou hladinu vlhkosti při 80 % a více. Dále na růst plísní negativně působí velký vlhkostní spád mezi navlhkým materiálem a sušším ovzduším v okolí. Růst plísní začne ve chvíli, kdy se ustálí rovnováha mezi okolní vlhkostí a konstrukcí. Pokud nenapomáháme zvýšení vlhkosti (např. kondenzací), dochází i při vysoké relativní vlhkosti k růstu plísní až velmi dlouhou dobu, řádově týdny až měsíce). Když máme případ, kdy je nízká a stabilní vlhkost, dochází v krátkém intervalu k růstu plísní. Takto vzniklá plíseň je nejčastěji za skříněmi nebo na stěnách, které jsou kryté záclonami.

Biologické faktory jsou spíše zdraví škodlivé, než že by nějak zásadně ovlivňovaly statiku konstrukce (pokud jsou v rozumné míře). Je to díky tomu, že se na stěnách vyskytuje bohatá mikroflóra rodů, které řadíme do skupiny potenciálně patogenní. Tyto plísně pak vyvolávají alergické příznaky. Při delším pobytu v takto zamořených bytech dochází u slabších jedinců k různým zdravotním potížím. Počínaje alergickými rýmami, přes nemoci cest dýchacích a různé kožní mykózy, až k celkové malátnosti. Od jara do podzimu je zárodků v bytě méně než v okolí, v zimě je to právě naopak.

Pokud chceme zajistit kvalitní vnitřní prostředí stavby, nepočítáme do toho prostory vyžadující zvýšenou pozornost na čistotu, nesmí koncentrace bakterií ani plísní překročit hodnotu větší jak 500 KTJ/m<sup>3</sup> vzduchu (KTJ = kolonie tvořící jednotky).

Závislost mezi velikostí plochy s plísněmi a koncentrací spor plísní je shrnuto v tabulce 6.4. [3]



Velikost plochy porostlé plísněmi [m <sup>2</sup> ]	Koncentrace spor plísni v ovzduší bytu [KTJ/m <sup>3</sup> ]
0	95 – 125
0,1 – 0,5	580 – 970
0,6 – 2,0	1030 – 1520
2,1 – 4,5	9230 – 13230

Tab. 6. 4. Velikost plochy a koncentrace plísni [3]

## 7. PODKLADY PRO NÁVRH ODVLHČENÍ BUDOVY

Pro vyhovující návrh sanačního opatření je zapotřebí znát určité informace. Řadíme mezi ně posudek skutečného stavu zdiva, výstupy z historických dokumentů o objektu, posudek základových poměrů z hlediska jejich možného působení na vlhkost konstrukčních prvků stavby a také informace o vlastnostech, jako jsou chemické a fyzikální, kvůli návrhu sanačního opatření. Dále jsou tyto informace děleny na průzkumy. Podle základních hledisek jsou tyto průzkumy roztrženy do skupin. První skupinou je průzkum nutný, který nelze vynechat (vlhkostní průzkum, průzkum salinity a šetření na místě) a druhou skupinu nazýváme průzkumem doplňujícím. Tento průzkum může být proveden. Jeho provedení posoudíme dle podmínek stavby, historického vývoje a zkušeností posuzovatele. Průzkum a následné zpracování výsledků provádíme dle příslušných norem. Vždy bychom měli provést:

- místní šetření na stavbě (součástí je i rozhovor s uživateli objektu)
- vlhkostní průzkum (hmotnostní obsah vody v konstrukci)
- informace o přilehlém terénu a podzákladi
- průzkum salinity
- průzkumy biokoroze
- průzkum archivní

### 7.1. Místní šetření na stavbě

Do této části bychom měli zahrnout i rozhovor s uživateli objektu, který se týká délky užívání objektu, doby pozorování poruch a jejich závislostech na atmosférických podmínkách, problémů s vlhkostí, úprav v minulosti a ochoty realizovat potřebné úpravy. [3]

### 7.2. Vlhkostní průzkum

Zpravidla se vlhkost stavebních konstrukcí vyjadřuje jako hmotnostní vlhkost  $w_h$ , která se udává poměrem hmotnosti vody obsažené ve vzorku hmotnostní sušiny.

Podle normy ČSN P 73 0610 se vlhkost dělí dle procent vlhkosti na pět skupin. V tabulce 7.1 je vlhkost uvedena v procentech hmotnosti. [5]

Stupeň vlhkosti	Vlhkost $w_h$ [%]
Velmi nízká	$w_h < 3$
Nízká	$3 \leq w_h < 5$
Zvýšená	$5 \leq w_h < 7,5$
Vysoká	$7,5 \leq w_h < 10$
Velmi vysoká	$10 \leq w_h$

Tab. 7.1 Stupně vlhkosti [5]

Rozdíl mezi zvýšenou a vysokou vlhkostí je rozhodující pro volbu dlouhodobé provizorní nebo radikální metody. Zvýšená vlhkost podmiňuje použití povrchových sanačních opatření a nemusí způsobit viditelné poruchy. Vlhkost vysoká je hranicí pro použití radikálních sanačních metod a při této vlhkosti dochází k viditelným poruchám. Každý materiál musíme posuzovat individuálně a dle potřeb daného způsobu využívání. Jinak posuzujeme difúzně „tvrdý“ materiál a jinak cihly, opuku apod. Musíme mít i individuální přístup posuzování u jednotlivých místností. Jiné nároky na kvalitu prostředí má sklad, obytné části budovy, sklepy, kanceláře nebo chodby. Měření je nevhodnější provádět v závislosti na vlhkosti a teplotě atmosféry a vnitřního prostoru. Hmotnostní vlhkost materiálů je ovlivňována také relativní vlhkostí prostorovou. Souvislosti mezi vlhkostmi nejsou přímo úměrné. Skutečností je to, že v místnosti se zdmi, které mají vysokou vlhkost, je vysoká vlhkost vzduchu závislá na teplotě. Vlhkost prostupuje především difúzně prostupnými zdíci materiály nebo spárami, které jsou vyplněny maltou. V tabulce 7.2 jsou uvedeny závislosti běžné vlhkosti na relativní vlhkosti u jednotlivých materiálů.

Stavební hmota	Vlhkost $w_h$ [%]					
	35	60	70	90	97	100
Cihly	0,9	1,5	1,7	1,9	2,5	2,7-3,2
Malta 1 : 3 : 6	1,5	2,5	2,8	2,8	3,5	3,9
V – C malta 1 : 3	X	2,8-3,3	3,3-4,3	4,3-5,7	5,2-6,6	8
Vápenitý pískovec	1,7	X	1,6	X	5,9	X
Opuka	X	5	6	8	X	X

Tab. 7.2. Závislost běžné vlhkosti na relativní vlhkosti a stavební hmotě [3]

Pro posouzení stavu konstrukce jsou důležité informace o rozložení vlhkosti v konstrukci a její časové změny. Za principy určení vlhkosti považujeme oddělení vody od pevné fáze, stanovení obsahu vody na základě specifických

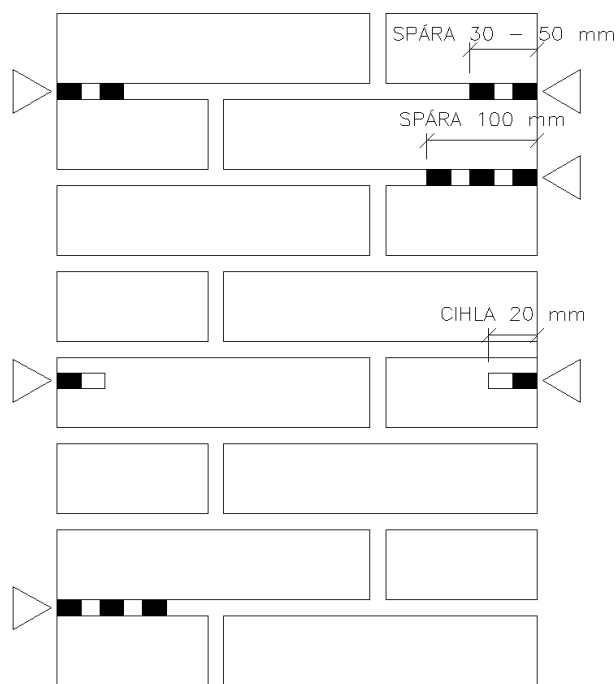
vlastností vody a vodních par a stanovení obsahu vody na základě měření dalších veličin, které přímo souvisí s obsahem vody a jsou jím ovlivněny.

Vlhkost můžeme měřit různými metodami a ty rozdělujeme:

- Dle způsobu odběru vzorku:
  - Destruktivní – odebíráme vzorek materiálu.
  - Nedestruktivní – stanovení vlhkosti zjistíme za pomoci přístroje nebo měřicího čidla zabudovaného do materiálu.
- Dle způsobu měření:
  - Přímé – zjišťovaná veličina je množství vody v materiálu, která je oddělena od pevné fáze.
  - Nepřímé – určujeme konkrétní fyzikální veličinu, která je závislá na změně vlhkosti materiálu, např. elektrický odpor, tepelná vodivost nebo elektrická kapacita.

Při provádění terénního průzkumu musíme zohlednit některé aspekty. Mezi ně patří např. způsob odběru vzorku a jeho kvalita dle odběru, množství vzorku a jejich velikost z důvodu reprezentativnosti, abychom dostali relevantní analytické výsledky při minimálním poškození konstrukce a také místo odběru vzorku pro další hodnocení. Neměli bychom provádět měření v místě, kde jsou zdi zavlhlé volnou vodou (zatékání nebo poruchy dešťových svodů.

Abychom stanovili příčiny zvýšené vlhkosti zdiva je důležitý vlhkostní profil. Tento profil se určí pomocí výsledků získaných ze tří výškově a hloubkově rozdílných míst. Na obrázku 7.1 je zakresleno rozdělení vzorků.



Obr. 7.1. Rozdělení odběru vzorku [3]

Pro vyhodnocení vlhkosti můžeme použít gravimetrickou metodu. Je známá také jako metoda vážková. Jedná se o to, že oddělíme vody od pevné fáze a stanovíme její hmotnost. Princip je takový, že vzorek je odebrán, zvážen a poté sušen do ustálené hmotnosti. Odběr vzorku se provádí ručním trubkovým sekáčem nebo přiklepovou vrtačkou s použitím jádrového vrtáku. U této metody nezáleží na druhu materiálu, který je zkoumán pro vlhkost.

Metoda je výhodná z toho důvodu, že je nezávislá na dalších parametrech materiálu a nemusíme tedy sestavovat kalibrační křivku. Gravimetrická metoda je teda požadována za univerzální a standartní.

Hlavní nevýhoda je v tom, že metoda je destruktivního charakteru a tím je znemožněno souvislé sledování vlhkosti v určitém místě a také časové zpoždění informací o vlhkostním stavu konstrukce. Neboť informace dostaneme až po vysušení vzorku. I přes tyto nevýhody je metoda nejužívanější a nepřesnější.

Tato metoda se také využívá jako kalibrace měřících přístrojů na bázi ostatních nepřímých metod.

Obsah vlhkosti můžeme stanovit přímo in – situ na sušících vahách. Jedná se o zařízení tvořené analytickými vahami s elektrickým ohřevem vzorku. je to ovšem omezeno hmotností vzorku (5 g), který ještě před tím musí být rozdrcen.

### **7.2.1. Odběr vzorku**

Provádíme jej odsekáním nebo vývrtem. Pokud odběr provádíme ručně, nejdříve se odseká omítka až na zdivo a dále se postupuje za pomoci trubkového sekáče do hloubky min. 100 mm. V této hloubce jsou vlhkostní poměry vyrovnané. Při odběru vzorku elektrickou vrtačkou používáme jádrový vrták. U spirálového vrtáku dochází k zahřátí, tím se odpaří část vlhkosti a vzniká chyba, kterou je nutné respektovat.

### **7.2.2. Velikost vzorku**

Důležitá je i velikost vzorku. Dle reprezentativnosti vzorku odebraného z konstrukce mohou být výsledné hodnoty věrohodné. I malý vzorek by měl obsahovat zrna nebo částice, jež se ve struktuře vyskytují ojediněle a jejichž vlastnosti nejsou obrazem vlastností většiny materiálu konstrukce. Hmotnost odebraných vzorků je v praxi obvykle 50 – 200 g.

### **7.2.3. Místo odběru vzorku**

Musíme je volit podle toho, jako informaci chceme získat. Například jestli chceme vlhkost ve svislém profilu, v příčném profilu, v omítce nebo ve spárové maltě apod. Vlhkost rychleji proniká a zasahuje do větší hloubky maltou a u cihly nebo kamene jsou zasaženy vlhkostí jen okraje. Proto se stává, při rovnoměrné vlhkosti zdiva, že u cihly a malty je různá vlhkost. Podle rozložení a průběhu vlhkosti ve zdivu můžeme diagnostikovat příčiny poruch.

### **7.2.4. Další metody**

Gravimetrická metoda není jediná, kterou můžeme zkoumat vlhkost v objektu. Můžeme zmínit elektrické metody měření, které jsou nepřímé a měří elektrické veličiny. Právě ty jsou ovlivňovány vlhkostí měřeného materiálu a reagují i na další chemické a fyzikální vlastnosti a stavy materiálu. Z toho důvodu musíme elektrické zařízení kalibrovat pro příslušný stavební materiál zvlášť. Nejčastěji používané elektrické metody jsou kapacitní a odporová metoda, která jsou zvláště vhodné pro měření povrchové vlhkosti zdiva. Měřicí přístroj dokáže stanovit hodnotu vlhkosti do hloubky 50 mm pod povrch konstrukce. Metody jsou využívány pro rychlé orientační stanovení vlhkosti, určení suchých a vlhkých částí a stanovení výšky zavlhčení zdiva.

Dalšími metodami jsou chemické metody a nejpoužívanější z nich je metoda karbidu vápníku. Ta využívá chemické reakce vody v rozdrčeném vzorku s karbidem vápníku a určí vlhkost stanovením množství produktu této reakce. Při reakci vzniká acetylen. Reakce karbidu vápníku s vodou probíhá okamžitě a tlak, který plyn vyvine, je měřítkem pro vlhkost. Ta se odečte z tabulky. [3]

### **7.3. Informace o přilehlém terénu a podzákladi**

Jedná se o geologický a hydrogeologický průzkum. Nejlépe lze provést sondami v podlahách přízemí při obvodových zdech nebo sondami v okolí objektu. V tomto případě provádíme sondy kopané, výjimečně vrtané. Průzkum nám odpoví na otázku, zda půda pod objektem umožňuje vodu shromažďovat a zda shromažďování vody bude trvalé nebo nárazové a v jakých případech k němu bude docházet. [3]

### **7.4. Průzkum salinity**

Míra salinity zdíva se hodnotí podle obsahu chloridů, dusičnanů a síranů ve zdivu. Na každý druh soli se vzorek posuzuje zvlášť. Stanovení skutečného obsahu soli je prováděno na základě laboratorně odebraných vzorků. [5] [3]

### **7.5. Průzkumy z hlediska biokoroze**

Tyto průzkumy jsou přímo související se stavebně – vlhkostními průzkumy a klade se důraz na zjištění druhu biologických činitelů. Zjišťujeme, jak velké je poškození zděných a dřevěných prvků, zda někdy nastanou nepříznivé podmínky pro poškození biokoroze a také jaký je stav materiálu z hlediska vlhkosti, chemického složení a kolísání těchto dvou hodnot, zvláště pak hloubky a rozsahu poškození.

### **7.6. Průzkumy archivní**

Tyto průzkumy se provádí především u památkově chráněných objektů. Nás by mělo zajímat, z hlediska vlhkosti, především to, jak probíhala výstavba, její části a také, jestli na objektu byly prováděny dodatečné úpravy. Nejčastěji se první poruchy objektu objeví v důsledku užívání objektu. Dalšími vadami jdou provozní a konstrukční, ty přímo souvisí s okolím objektu. Archivní průzkum představuje jednu z náročných etap přípravných prací a určuje kvalitu a možnosti budoucího sanačního opatření. [3]

## 8. VĚTRÁNÍ A KVALITA VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ

Vlhkost v objektu lze regulovat vhodným typem (způsobem) větrán. Větrat ovšem musíme tak, abychom minimalizovali výskyt kondenzace vody na chladných stěnách budovy a zároveň odstranili nahromaděné množství vlhkosti.

Rychlost vysychání nám ovlivňují především tyto faktory:

- Teplota vzduchu
- Vlhkost vzduchu
- Rychlost proudění vzduchu kolem vysoušených objektů.

Pokud chceme objekt co nejúčinněji vysušit, měli bychom zajistit proudění teplého a suchého vzduchu. Pro vysychání prvky musíme brát v potaz i materiálové charakteristiky (hustota pórového systému, distribuce průměrů a charakter pórů), které daný prvek má. Nejrychleji vysychají ty prvky, jejichž póry jsou rovné a větší.

Nesprávné je si myslet, že v zimních měsících a při vlhkém počasí by se nemělo větrat z důvodu vnášení větší vlhkosti do objektu. Větrání stále vysušuje objekt, až na pár extrémních dnů na jaře a v létě.

V zimě se větrání doporučuje. A to z toho důvodu, že je nízká absolutní vlhkost vzduchu, tím se větrání stále velmi účinné. Za předpokladu, že je objekt ještě navíc temperován, je větrání optimální. Topením se studený vzduch rychle ohřeje, tím pádem klesne relativní vlhkost vzduchu a vzniká kapacita pro odpařování vlhkosti ze zdiva.

V letních měsících by se mělo větrání omezit, v některých dnech dokonce nevětrat vůbec, může to způsobit až kontraproduktivitu. Vysoká relativní vlhkost vzduchu způsobí to, že na studeném povrchu začne kondenzovat voda. V tabulce 8.1 jsou uvedeny doporučené teploty a relativní vlhkosti v místnostech objektu.



Druh vytápěné místnosti	Výpočtová vnitřní teplota $t$ [°C]	Relativní vlhkost vzduchu $\varphi$ [%]
Obývací místnosti (ložnice, jídelna, pracovna)	20	60
Kuchyně	20	60
Koupelny	24	90
Klozety	20	60
Předsíň, chodby	15	60
Vytápěná schodiště	10	60
Kanceláře	20	60
Haly	18	70
Učebny	20	60

Tab. 8. 1. Teploty a relativní vlhkosti v místnostech [3]

S měnící se teplotou a díky účinkům větru dochází v místnosti k proudění vzduchu. Teplotu vnějšího vzduchu můžeme rozdělit do dvou cyklů. První cyklus je výměna teploty za 24 hodin a druhá během celého roku.

To, jak proudí vzduch, se odráží na rychlosti vypařování vlhkosti z konstrukce, dále na vlastnostech povrchových vrstev a intenzitě výměn tepla mezi konstrukcí a okolím.

Pokud bychom chtěli, můžeme omezit prouděním vzduchu i výskyt plísní. Ovšem jen za předpokladu, že plísně budou ze stěn a podlah odstraněny. Jinak totiž dochází k tomu, že vzduch, proudící v místnosti, roznáší spory po místnosti a celém bytě.

Dále můžeme uvést rychlosti proudění vzduchu, a to v letních a zimních měsících. Rychlosti se od sebe až tak moc neliší. V zimních měsících je rychlost proudění mezi 0,13 – 0,20 m/s a v letních měsících se rychlost může dostat až na rychlost 0,25 m/s. [3]

### 8.1. Přirozené větrání

Přirozeným větráním můžeme nazvat výměnu vzduchu mezi místnostmi a okolím.

K přirozenému větrání dochází:

- Infiltrací – díky funkčním spárám u oken a dveří. Množství vyměněného vzduchu je závislé na intenzitě a směru větru, na výšce objektu a jeho vnitřním uspořádání, dále na velikosti otvorů (oken, dveří) a jejich těsnosti, i na druhu zástavby.

- **Provětráváním** – spočívá v občasném otevírání oken a dveří. Provětrávat by se mělo vždy s plně otevřenými okny. Okna přivřená jsou dobrá jen k provětrávání příčnému, jinak dochází k výměně vzduchu jen v okolí oken. Nejúčinnější bývá příčné větrání. V zimním období se doporučuje větrat jen krátce, z důvodu toho, že by došlo k velkým tepelným ztrátám a nadměrnému ochlazení konstrukce. Zatímco v letních měsících se má provětrávat trvale.
- **Šachtovým větráním** – za pomoci větracích průduchů. Zde nesmí dojít k tomu, že venkovní bude teplejší, než vzduch uvnitř, tím se výměna zastaví.
- **Aerací** – díky příváděcím a odváděcím otvorům v obvodovém plášti. Funkčnost závisí na vhodném návrhu a umístění otvorů. [3]

## **8.2. Větrací systémy a prvky**

Pro přirozenou ventilaci se ve tradičních stavbách používají různé prvky. Ovšem nejsou úplně ideální. Důvod je ten, že při provádění i běžných stavebních úprav může dojít k jejich poškození nebo úplnému odstranění. Tím se omezí možnosti proudění vzduchu v objektu. Ještě před použitím těchto systémů, musíme zvážit, jak moc jsou účinné, jestli půjde jejich funkce obnovovat a zda samotné prvky bude možné rekonstruovat. [3]

### **8.2.1. Komínové a ventilační průduchy**

Komínový průduch má dvojího využití. V zimním období jsou tímto průduchem odváděny spaliny a v letním slouží jako průduch ventilační. Hovoříme také o tzv. komínovém tahovém efektu, který využívá rozdílných teplot a hmotností vzduchu. Ten funguje po celý rok a bývá zesílen, pokud vítr proudí kolem hlavy komínu. Pokud komín zazdíme (zasypeme), stává se zdrojem vlhkosti a velmi snadno a rychle se zde rozšiřují bakterie a plísně.

### **8.2.2. Okna**

K tomu, aby proudil do místnosti vzduch, postačí funkční spáry oken. Pokud chceme provětrávat místnost, použijeme otvíravá okenní křídla. U historických objektů se přidávala k velkoplošným oknům ještě malá větrací křídla. Ta umožňovala odpovídající větrání celého objektu během roku. V těchto

objektech totiž nemohla být okna otevřená pořád. Z toho důvodu, že by se konstrukce rychle a nekontrolovatelně ochlazovala. Naopak, když bychom okna nechala zavřená, došlo by k nárůstu vlhkosti a vzniku plísní.

### **8.2.3. Žaluzie a okenice**

Žaluzie se využívají pro sezónní ventilaci objektů a v zimě se většinou zavírají. Mezi žaluziemi a okny je vzduchový prostor, který kladně ovlivňuje tepelné ztráty objektu. K proudění vzduchu u starších objektů se dále používají ventilační otvory ve dveřích, které mají žaluzie nebo plně vyplněné okenice osazené v suterénních oknech nebo s okenicemi ve střešních vikýřích. Můžeme se setkat i s okenicemi, které mají vyříznutý redukováný ventilační prostor.

### **8.2.4. Světlíky**

Světlíky jsou objekty, které procházejí skrz celým objektem a využívají pro větrání komínový efekt. Podle velikosti prostorů, které jsou spojeny se světlíkem, se určí plocha světlíku. Odvodnění světlíku je důležité pro jeho funkci, a proto se do spodní části umístil kanálek, který vedl do vnějšího prostředí. Pokud by světlík nesplňoval svůj účel, stává se sám zdrojem vlhkosti.

### **8.2.5. Věže**

V těchto konstrukcích se také setkáme s komínovým efektem. Věže s velkoplošným profilem velmi dobře umožňují proudění vzduchu. Abychom mohli větrání nějak regulovat, můžeme do okenních otvorů vložit již zmíněné dřevěné žaluzie nebo okenice.

### **8.2.6. Schodiště**

U objektu s více podlažími musíme počítat s tím, že každé patro je využívané s jiným účelem, a tak i teplota bude výrazně odlišná. Abychom propojili jednotlivá patra, vložíme schodiště. Tato konstrukce má nejen komunikační účel, slouží také k ventilaci. Ke snížení povrchové kondenzace vodní páry a k vysoušení stavební konstrukce slouží schodišťový prostor, kolem kterého proudí vzduch a tím zajišťuje výměnu vzduchu. Tato výměna vzduchu má negativní dopad na spodní podlaží, kde dochází ke zvýšené infiltraci vzduchu a dochází k nárůstu tepelných ztrát budov.

### **8.2.7. Větrací systémy**

V současnosti jsou v objektech místnosti s nuceným větráním. Tento způsob větrání zajišťuje výměnu vzduchu v takovém množství, které je nezbytně nutné pro provoz dané místnosti. Dále se hojně využívá i rekuperace tepla. Tím můžeme docílit značných energetických úspor. Nejčastěji se můžeme setkat s nuceným větráním s rekuperací. [3]

## 9. ZPŮSOBY SNÍŽENÍ VLHKOSTI

Abychom měli v konstrukci přiměřeně suché povrchy zdiva, podlah, kleneb a stropů, musíme zvolit vhodný způsob odvlhčování. Tyto způsoby můžeme rozdělit do čtyř základních skupin. První skupinou je odvod zavlhlého vzduchu, tím umožníme prostup vodní páry do atmosféry. Další skupina je vytváření clon ve zdivu tam, kde vlhkost proniká. U třetí, předposlední, skupiny se voda shromažďuje a odvádí vodu z konstrukce do oblasti, kde je voda pro konstrukci neškodná. Poslední skupina představuje povrchové úpravy zajišťující odvádění vlhkosti. Toto řešení může být hlavní nebo jako doplňkové.

Sanační úpravu rozhodně nemůžeme volit jen jeden způsob úpravy, vždy musíme zvolit kombinaci úprav. Dále je můžeme rozdělit na metody povrchové a na takové, kterými zasáhneme do konstrukce. Před sanací musíme zhodnotit výběr vhodné úpravy, který je ovlivněn:

- Pracemi, které budou prováděny po sanaci.
- Efektivitou vůči stávající stavu a potřebám.
- Komplikacemi při provádění a jejich vliv na provoz budovy.
- Vhodně zvolenou aplikací s ohledem na charakter budovy, historický význam nebo památkovou ochranu. [3]

Určitě bychom se měli vyvarovat chyb, které se projeví po realizaci a stav objektu se díky jim vrací do původního stavu. Zejména se jedná o nerespektování výsledků průzkumu a neznalosti vedlejších účinků sanačních metod. [4]

### 9.1. Vzduchové izolační systémy

Prvním typem úpravy pro snížení vlhkosti jsou tzv. vzduchové izolační systémy. V dnešní době tento systém pro novostavby pozbyl svého významu. Pokud provádíme sanaci u stávajících objektů, zvláště pak u historických památek, tento systém je velmi oblíbený. Princip je stejný cca 4500 let, mění se jenom materiál.

Vzduchové systémy se také provádí u konstrukcí, u kterých nemůže být mechanicky porušeno obvodové zdivo (např. památkově chráněná budova), dále

u existujících objektů, kde došlo k narušení vzduchoizolačních systémů (zasypání komínů, jiné využití štoly) při různých stavebních úpravách.

Systémy rozdělujeme na dutinové a ostatní. Dutiny mohou být ukládány ve svislém (stěnové) i vodorovném směru (podlahové) a použití je vhodné pro exteriér i interiér. Podle proudění vzduchu se dělí na systémy s přirozeným (gravitačním) a nuceným prouděním vzduchu a jsou odvětrávané (do exteriéru, interiéru) nebo neodvětrávané. Pokud systém realizujeme současně se stavbou, hovoříme o původním vzduchovém izolačním systému. Při pozdějším budování než ostatní stavební úpravy se hovoří o dodatečných systémech.

Ostatní vzduchové izolační systémy rozdělujeme na:

- Kanálkové systémy (Knapenovy kanálky, kanálkový způsob a použití profilovaných fólií)
- Provětrávané drenážní systémy
- Vhodně zvolený obraz proudění vzduchu v místnosti

Vzduchové dutiny fungující na principu oddělení stavební konstrukce (tj. podlaha, zdiva) od zdroje vztlínající vody (zemina) za pomoci vzduchové větrané dutiny, do které je trvale zajištěn přívod a odvod vzduchu. Přirozené proudění je zajištěno za pomoci dutin, které jsou opatřeny nasávacími i výdechovými otvory v exteriéru (závislé na rychlosti proudění větru) nebo díky dutinám s nasávacími otvory v interiéru a výdechovými v exteriéru (v potaz se bere rozdíl teplot interiéru a exteriéru a také rozdíly výšek umístění otvorů).

Nucené proudění vzduchu zajišťuje ventilátor. Využití má především tam, kde přirozené větrání nefunguje a jeho výhodou je rychlejší proudění vzduchu. Ovšem vzduch bude proudit pouze tehdy, když bude zajištěn přívod elektrické energie. Tento faktor můžeme považovat za nevýhodu, stejně jako to, že musíme kontrolovat, zda ventilátor funguje, jak má. Do systému můžeme použít i ohřívač vzduchu, tím se zlepší účinnost systému, ovšem v důsledku větších nákladů.

U dutin odvětrávaných do interiéru, musíme udělat posudek jejich aplikace, závislé na mikroklimatu vnitřního prostoru. Neodvětrávané dutiny, které umístíme na vnitřní straně obvodového zdiva, jsou vhodné pro eliminaci kondenzační vody, nikoliv pro sanaci vody vztlínající z podloží nebo vody dešťové prosakující do podloží. [3]

## 9.2. Vzduchové stěnové dutiny

Systém dutin se provádí na vnější i vnitřní straně obvodových stěn. Pokud umístění dutiny zvolíme na vnější straně, musíme ji umístit v závislosti na výšce okolního terénu, zda je objekt podsklepen či nikoliv a na celkové situaci objektu. Mohou být provedeny pod úrovní terénu (otevřené, zakryté) nebo nad úrovní terénu. [3]

### 9.2.1. Dutiny pod úrovní terénu na vnější straně zdi

Otevřené stěnové dutiny pod úrovní terénu známe pod názvem anglický dvorek. Sestávají z opěrné zdi, odsazené od vnějšího líce izolované obvodové zdi objektu. Zeď může být z prostého betonu, železobetonu nebo kamene. Můžeme ji řešit jako samonosnou nebo se po určitých vzdálenostech opírá o obvodovou zeď. Opěry volíme dle statického zatížení působící na zídku. Tloušťka zdi se volí v rozmezí od 150 do 300 mm, dno je prováděno ve spádu směrem od budovy a musí být zajištěno odvodnění. U širších dutin za pomoci vpustí do kanalizace a užší dutiny odvodníme trubkami prostupujícími zídkou a napojenými na trativod. Dutinu zakryjeme roštem, popřípadě necháme otevřenou a osadíme zábradlím.

Systém zakryté dutiny provedeme překrytím prostoru vzduchové dutiny. Při použití tohoto systému bychom měli provést řádné očištění obnaženého zdiva, osekání omítky a do hloubky 20 cm vyškrábat omítku. Tímto dosáhneme efektivního využití systému. Pro zlepšení se ještě doporučuje, pokud to stav konstrukce a soudržnost zbývající malty dovolí, nechat proškrábané spáry ve zdivu. Tímto úkonem se zvětší odpařovací plocha a těleso bude lépe odvádět vlhkost. Pro výměnu vzduchu jsou instalovány příváděcí a odváděcí otvory. Pro odvod vzduchu je vhodné využít komínový průduch, který je nevyužívaný a odvod vody zajistíme vyspárováním dna od konstrukce a voda je odvedena ke sběrné jamce či kanalizační vpustí. Zakryté systémy se umísťují na vnější stranu obvodové zdi a vzduch je přiváděn z exteriéru i odváděn do exteriéru nebo je zde druhá možnost, že vzduch je odváděn do exteriéru a přiváděn z interiéru. Strop dutiny, její stěny a dno je nutné odizolovat a v žádném případě sem nemůžeme situovat otvory, ať už výdechové nebo nasávací. Jestliže se nedá strop dutiny provést v úrovni terénu nebo je výška zavlhčení velmi nízká, provedeme zastropení v potřebné hloubce. Poté se provede hydroizolace

(asfaltové pásy) zbývající části vnější strany obvodového zdiva a měli bychom uvažovat také o vložení tepelné izolaci. Ne vždy jde budova izolovat asfaltovými pásy. V tom případě se provede vzduchová mezera do potřebné výšky. Když bychom použili toto řešení (např. u památkově chráněných budov), je důležité provést v úrovni nad mezerou vodotěsnou stěrku. Drenáž navrhujeme v závislosti na konkrétních podmínkách přilehlého terénu a okolí. [3]

### 9.2.2. Dutiny nad úrovní terénu na vnější straně zdi

I u těchto systémů funguje princip vytvoření vzduchové dutiny (cca 50 mm) pomocí soklu, který je opatřen jak nasávacími, tak výdechovými otvory. Soklovou část a její povrchovou úpravu můžeme provést ze stejného materiálu jako obvodovou konstrukci nebo z materiálu, který je odolnější vůči povětrnostním vlivům. Řešení je možné jako zděný nebo zavěšený systém, případně z profilovaných plastových fólií.

U zděných soklů, pokud máme stávající sokl ve špatném stavu, provedeme jeho odsekání, tuto část zbavíme nečistot a spáry vyškrábeme do hloubky 20 cm, vyzdíme nově zbudovanou konstrukci na vodorovnou hydroizolaci. Horní část soklu, pokud je předsazen, bychom měli oplechovat, zešíkmit tzn. provést vhodnou úpravu.

Zavěšené sokly se ze začátku provádí stejným způsobem, jak zděné. Liší se až provedením konkrétního soklu. Tato konstrukce se zavěsí na objekt v podobě desky a dole i nahoře vzniká šterbina. Většinou se vyrábí z tvrdého materiálu, jako je např. kámen nebo z plechů (ocelových, hliníkových apod.). Celková konstrukce má odolat mrazu, nemá být pórovitá a nasákavá. Hmoždinky jsou z materiálu odolnému korozi.

Sokly z plastických hmot se do konstrukce přichytí pomocí vrutů a hmoždinek a na povrchu se opatří obkladem. Horní část je opatřena plastovou lištou. [3]

### 9.2.3. Dutiny na vnitřní straně zdi

Mohou být umístěny pod nebo nad úrovní podlahy. Dutiny pod úrovní podlahy jsou principiálně stejné jako dutiny pod úrovní terénu na vnější straně zdi. Oproti tomu dutiny nad úrovní podlahy jsou řešeny jako předsazené stěny nebo vnitřní obklady.



U předsazených stěn používáme cihelnou příčku, kterou vyzdíme po celé výšce místnosti. I zde musíme vhodně volit otvory pro přívod a odvod vzduchu. Ovlivňujeme tím klimatické poměry v místnosti. Stěny rozdělujeme dle odvětrávání vzduchu na neodvětrávané (nevhodný způsob pro sanaci a vhodný pro vlhkost kondenzovanou na povrchu) a odvětrávané. Za určitých předpokladů je potřeba stěnu izolovat. Návrh izolace bude proveden na základě tepelně technického posudku, který je v souladu s normou ČSN 73 0540-2 a má tyto části [10]:

- posouzení hodnoty součinitele prostupu tepla  $U$  [ $\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$ ] nově vzniklé vícevrstvé stěny
- posouzení teplotního faktoru vnitřního povrchu
- posouzení kondenzace vodní páry uvnitř konstrukce nově vzniklé vícevrstvé stěny.

Odvětrávané systémy jsou děleny do tří skupin

- s přívodem i odvodem vzduchu do interiéru
- s přívodem vzduchu z interiéru a odvodem vzduchu do exteriéru
- s přívodem i odvodem vzduchu do exteriéru

Pokud použijeme první systém, odvod i přívod do interiéru, musíme počítat s tím, že vlhký vzduch bude proudit zpět do místnosti a zvýší se riziko vzniku plísní. Použití je omezeno určitými podmínkami. Vytvoří maximální odpařovací plochu, osekáme omítku do 800 mm nad zavlhlou část a provedeme hloubení spár (20 mm).

Vzduch proudící z interiéru do exteriéru snižuje vlhkost v interiéru. Problém nastane v zimním období, kdy dochází k větším tepelným ztrátám. Ty můžeme redukovat za pomoci klapky, umístěných na nasávacích otvorech. Opět je vhodný jen za určitých podmínek. Platí stejná pravidla, jak u první skupiny.

Při použití dutin, které vhání a odvádí vzduch do exteriéru, je nutné počítat s tepelnými ztrátami, způsobenými ochlazením vnitřní předsazené stěny. Je zde nutná tepelná izolace stěny a navazujících konstrukcí. Mikroklima v interiéru není ovlivněno, proto je systém vhodný. Dno i strop dutiny můžeme tepelně izolovat. [3]

### 9.3. Podlahové vzduchové dutiny

První skupinou jsou vzduchové mezery vytvořené zastropením pomocí vodorovné nosné konstrukce (ŽB stropní deska, dřevěný trám, ocelový plech). Využití se uplatní nejčastěji u historických objektů a u kulturních památek.

Konstrukci můžeme odvětrávat i díky speciálním tvarovkám. Tato úprava zahrnuje různé typy tvarovek a způsoby odvětrávání. Provedeme podkladní betonovou vrstvu (v krajním případě postačí zhutněný štěrkopískový podsyp), položíme na ni tvarovky a zalijeme je betonovou zálivkou, na kterou se posléze položí další vrstvy podlahy. U památkově chráněných objektů není tento způsob ideální. [3]

Jeden ze známých typů těchto podlah jsou podlahy IGLU. Plastové tvarovky ztraceného bednění se skládají v předem zvoleném směru vedle sebe, soudržnost zajišťují zámky a tím vytvoří samonosnou pochozí plochu. Poté následuje zalití betonem a kladení podlahových vrstev. Do dutinových prostorů se zavedou odvětrávací kanálky a ty odvádí vzduch na základě komínového efektu. Dutiny slouží také k vedení instalačních sítí a podlahového vytápění. Výhodou je také snadná pokládka, díky nízké hmotnosti a jednoduchá úprava půdorysných tvarů. [11]

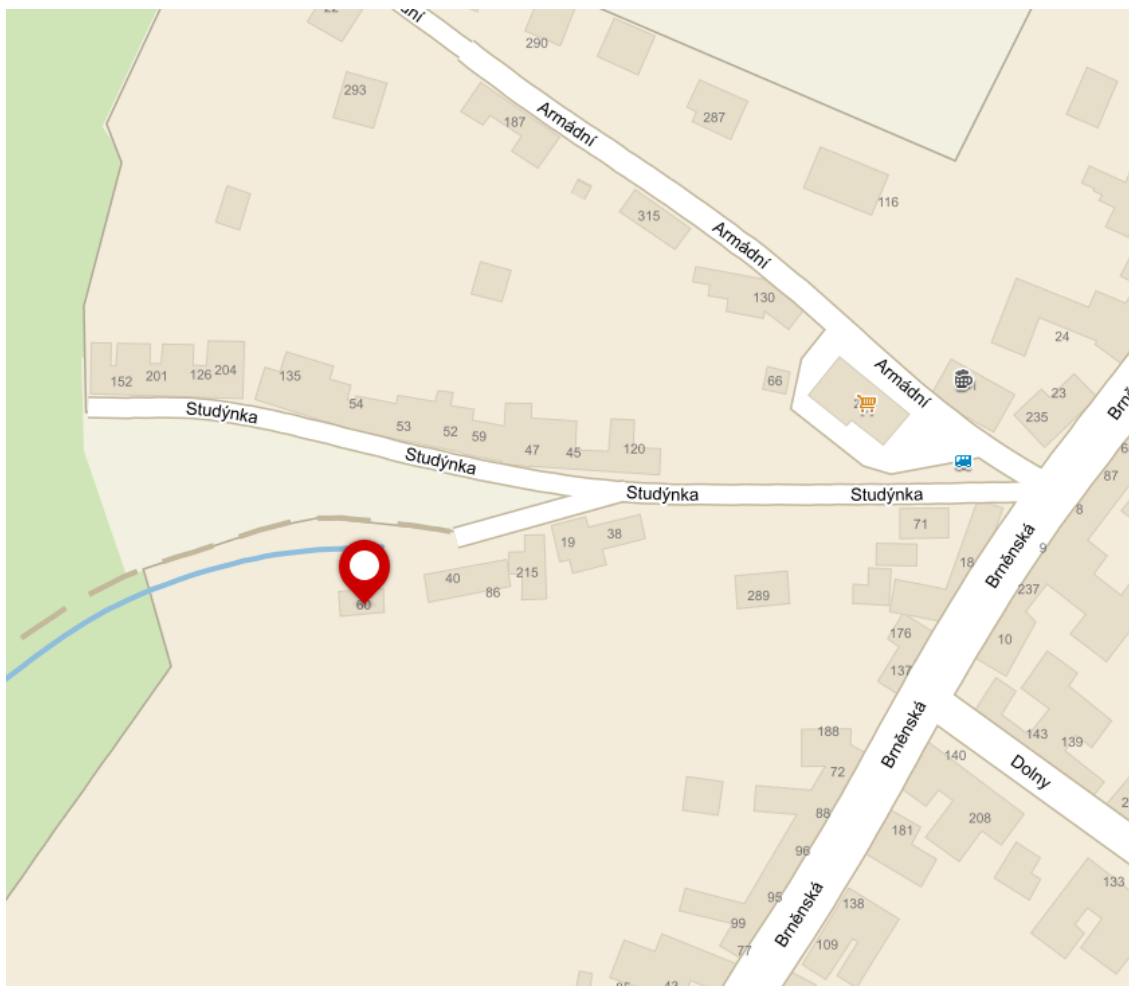
Pro obě skupiny platí, že nášlapná vrstva podlahy má být nad úrovní okraje vlhkostní mapy. Jinak musíme konstrukci oddělit od podlahy spárou o tl. 10 mm a tato dělicí spára se překryje podlahovou lištou. [3]

## 10. PRAKTICKÁ ČÁST – OBECNÉ INFORMACE

V praktické části bakalářské práce se zabývám průzkumem rodinné domu, užívaného především k rekreačním účelům.

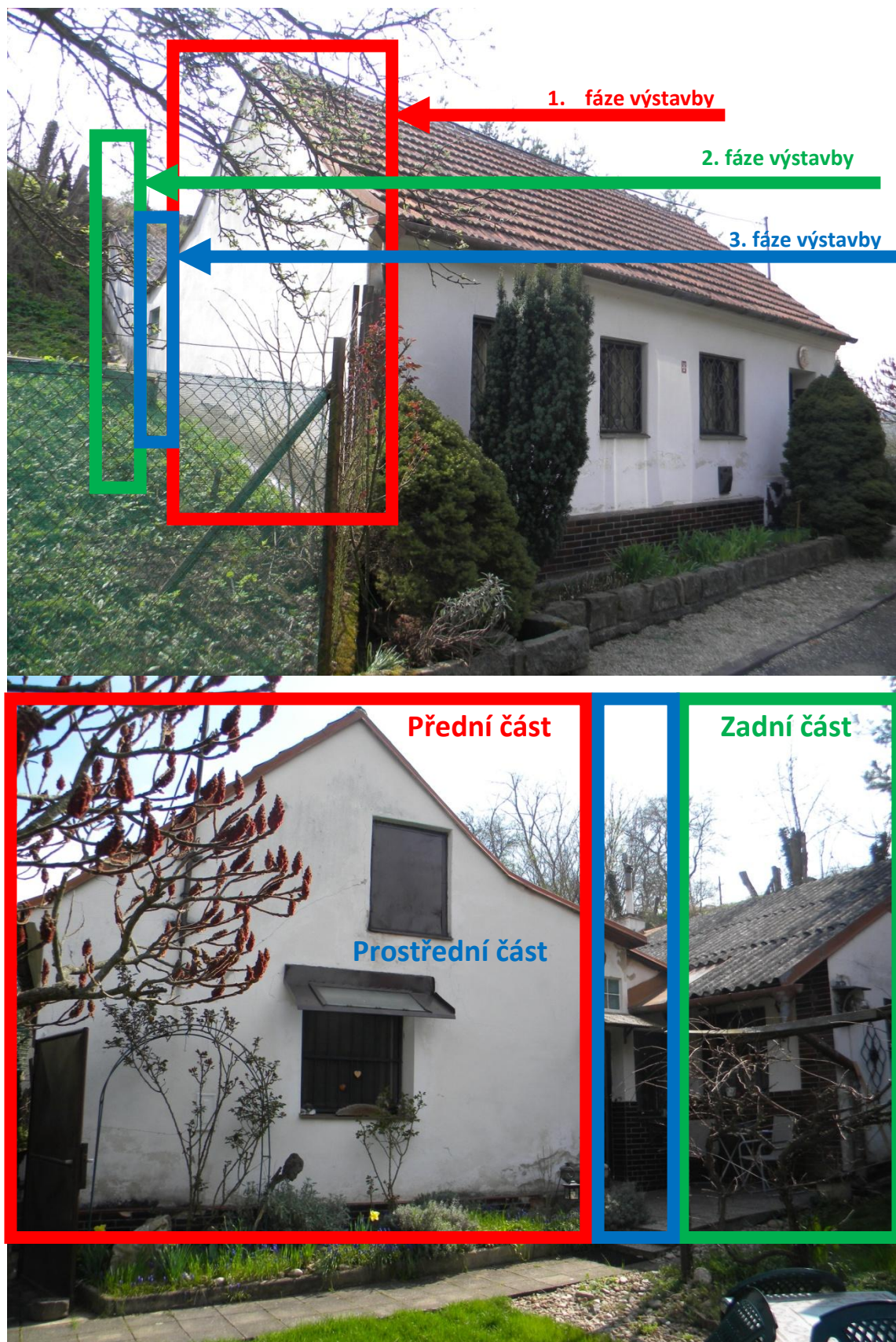
### 10.1. Úvod

Rodinný dům se nachází v obci Omice, Studýnka 60, kraj Jihomoravský. K 1. 1. 2014 má 789 obyvatel. Leží západně od Brna v okrese Brno – venkov. Dle katastrálního úřadu pro Brno – venkov je evidován pod parcelním číslem 74. Na obr. 10.1 vidíme situaci umístěného objektu.



Obr. 10.1. Situace umístěného objektu [6]

První fáze objektu byla zbudována před více, jak sto lety. V 70. letech byly dostavěny další dvě části. Na obrázku 10.2 jsou fáze výstavby zobrazeny. Do 90. let minulého století sloužil objekt jako rodinný dům, který byl obýván celoročně. Nyní je využíván pouze rekreačně.



Obr. 10.2. Fáze výstavby rodinné domu

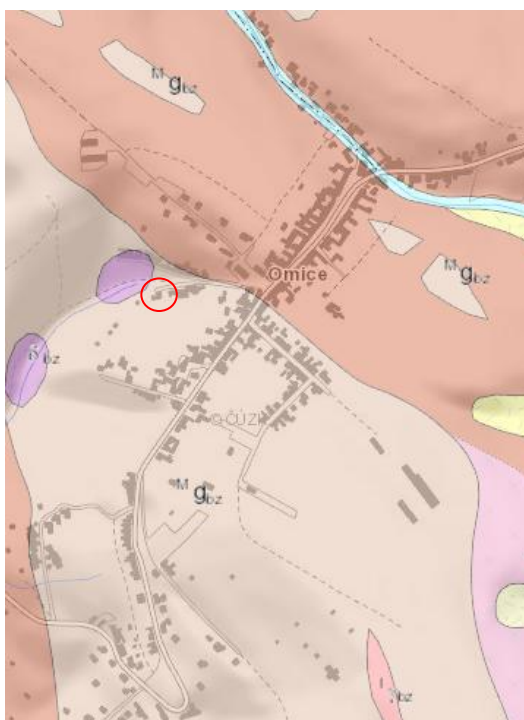
Jak je patrné z obrázku 10.2, objekt je samostatně stojící, který lze rozdělit na tři části dle fáze výstavby. Přední část je využívána jako společenské místnosti či spací prostory, prostřední část slouží ke spojení přední a zadní části a jde o nejmladší část celého objektu. V zadní části objektu je hygienické zařízení a kuchyně se spíží.

Přední část objektu je postavena z hliněných cihel a zbývající dvě části, prostřední a zadní, jsou z cihel plných pálených.

Nyní slouží objekt pouze k rekreačním účelům, je vytápěn kamny. Majitel objekt nejvíce navštěvuje v letních měsících.

### 10.2. Geologické podmínky a hydrogeologické podmínky

Z geologické mapy na obr. 10.3 lze vyčíst, že geologické podloží pod objektem je tvořeno z biotitické až dvojslídne pararuly místy migmatitizované. Jedná se o horninu, která vznikla přeměnou písčitohlinitých usazenin a řadí se do skupiny krystalických břidlic. Pokud je hornina namáhána vodou, nevznikají objemové změny.



Obr. 10.3 Geologická mapa [7]

Hydrogeologické poměry se mění podle toho, jaké je roční období. V blízkosti objektu není žádný vodní zdroj, který by poměry ovlivňoval. V údolí teče říčka Bobrava.



Objekt může být přímo ovlivňován svahem a jeho vlhkostí. Svah se nachází za objektem (obr. 10.4) a je přímým kontaktem s objektem, jak můžeme vidět na obrázku 10.5.



Obr. 10.4 Pohled na svah za domem

Obr. 10.5 Kontakt objektu s terénem

### 10.3. Předmět průzkumu

Protože není k objektu dochována seriózní projektová dokumentace, bylo zapotřebí tento objekt nejprve zaměřit. Tuto dokumentaci použijeme jako vodítko při opravách objektu, které majitel plánuje. Dalším, hlavním cílem, bylo diagnostikovat objekt a zhodnotit, jakými metodami bychom objekt měli opravit, zda je vhodná dostavba objektu nebo rekonstrukce. Detailnější průzkum budu zaměřen zvláště na vlhkost v objektu a jeho nejbližším okolí. Budeme se spíše zaměřovat na zadní část objektu, která je vlhkostí nejvíce namáhána. V této části objektu se zaměříme i na skladbu podlah, které by nám pomohly objekt lépe odvětrávat a tím snížit vlhkost.

## 11. DIAGNOSTICKÝ PRŮZKUM

Po zpřístupnění objektu jsme nejdříve provedli místní šetření. Po rozhovoru s majitelem, který nám sdělil, jak je objekt starý a jak je využíván, jsme objekt kompletně zaměřili za pomoci dálkového laserového zaměřovače značky BOSCH a svinovacího metru. Z takto získaných hodnot jsme vytvořili výkresovou dokumentaci. Můžeme říct, že objekt je spíše schematicky zakreslen. K našim účelům je toto schematické zakreslení dostatečné.

Druhou částí průzkumu byla vizuálně defektoskopická prohlídka. Objekt jsme komplexně prohlédli a zaměřili se především na část, která je přímo v kontaktu s terénem, tj. zadní část. Na obrázku 11.1 je stav obvodové zdi v koupelně a na obrázku 11.2 v kuchyni. Z těchto fotek můžeme vidět, kam až vlhkost dosáhla.



Obr. 11.1 Obvodová zeď v koupelně



Obr. 11.2 obvodová zeď v kuchyni

Pro lepší určení vlhkostního stavu podlahy a základů nám posloužila kopaná sonda, kterou vidíme na obrázku 11.3. Z této sondy jsme také mohli udělat určit skladbu podlahy. Nachází se v levé části kuchyně, u vchodu do koupelny. Na dně sondy je vložen kámen (obr. 11.4), na kterém je jasně vidět, že vlhkost se v objektu vyskytuje v hojné míře.





Obr. 11.3. Kopaná sonda



Obr. 11.4 Kámen ze sondy

Po vizuálně defektoskopické prohlídce jsme použili další nedestruktivní zkoušku. Tuto zkoušku jsme provedli v celém objektu a jedno měření, pro srovnání, jsme udělali i na venkovní obvodové zdi konstrukce. Jednalo se o zkoušku za pomoci termodetektoru od firmy BOSCH značky PTD 1. Tento přístroj je bezdotykový měřič povrchové teploty, teploty okolí a relativní



vlhkosti vzduchu. Vypočítá také teplotu rosného bodu a upozorní nás na tepené mosty a detekuje nebezpečí plísně, ovšem ne spóry plísní. [8]

Přístroj jsme si nastavili na režim varování před plísněmi – celkově má přístroj tři režimy (režim měření povrchové teploty, režim tepených mostů a režim varování před plísněmi) – a ve vzdálenosti 1,0 m od konstrukce jsme prováděli měření. Přístroj má také světelnou signalizaci, která nám prozradí, zda nebezpečí vzniku plísní hrozí či nikoliv.

## 12. VYHODNOCENÍ PRŮZKUMU

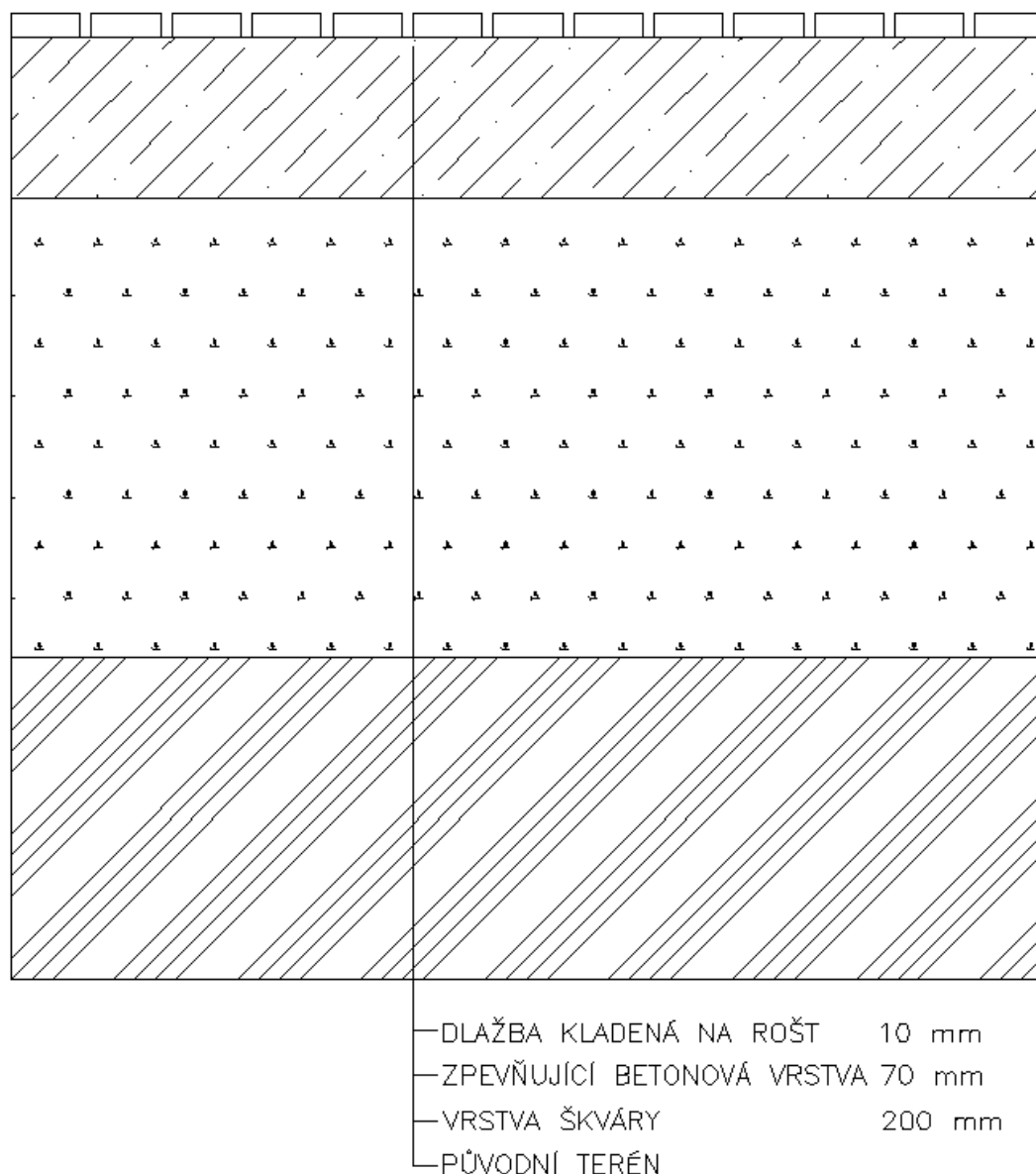
Už z první části průzkumu, místního šetření, jasně vyplývá, že objekt je namáhán vodou, která stéká ze svahu a konstrukce je tedy namáhána vlhkostí působící na zadní stěnu. Můžeme tedy předpokládat, že stěna bude vlhkostí napadena i z vnitřní části objektu.

O tomto jevu jsme se přesvědčili v druhé části průzkumu. Jednalo se o vizuální defektoskopickou prohlídku, ze které byly pořízeny fotografie. Pokud bychom porovnali obrázek 9.1 a 9.2, uvidíme, že vlhkost v kuchyni vystoupala do větší výšky, než vlhkost v koupelně. Patrně je to způsobeno tím, že v kuchyni je stěna do výšky zhruba 1,6 m obložená keramickým obkladem, který vodu vytlačuje nahoru. V každé stěně máme otevřenou sondu, ze které je patrné, že obvodová zeď je izolována asfaltovým izolačním pásem, ke kterému přímo přiléhá přízdívka z dutinových cihel. Z důvodu absence vzduchové mezery, v níž by docházelo k cirkulaci vzduchu, se vlhkost v konstrukci udržuje a tím pádem nepříznivě působí na objekt. Obrázek 12.5 je z koupelny a je na něm patrná izolace z asfaltového izolačního pásu.



Obr. 12.5. Sonda na vnější straně obvodové zdi

Majitel se také domnívá, že voda jde do objektu i poškozeným odpadním potrubím kanalizace. Další, co jsme určili vizuálním průzkumem, je skladba podlahy. Skladbu máme schematicky zakreslenou v obrázku 12.6.



Obr. 12.6 Řez stávající podlahou

Zde je použita škvára jako izolant. Voda se nemůže vsakovat do zeminy a vlhkost tedy v objektu přetrvává.

Díky měřicímu přístroji se nám posledním průzkumem potvrdilo, že v objektu je velká relativní vlhkost vzduchu a tím hrozí značné nebezpečí vzniku plísní.

Hodnoty měření jsou v příloze, v tabulce PT1, a body konstrukce, na kterých měření probíhalo, můžeme vidět taktéž v příloze, zakreslené v obrázku PO1.

### 13. NÁVRH OPATŘENÍ

Největší část problémů způsobené vlhkostí jsou díky nesprávnému provedení izolace a nedostatečnému, neexistujícímu nebo porušenému odvodňovacímu systému.

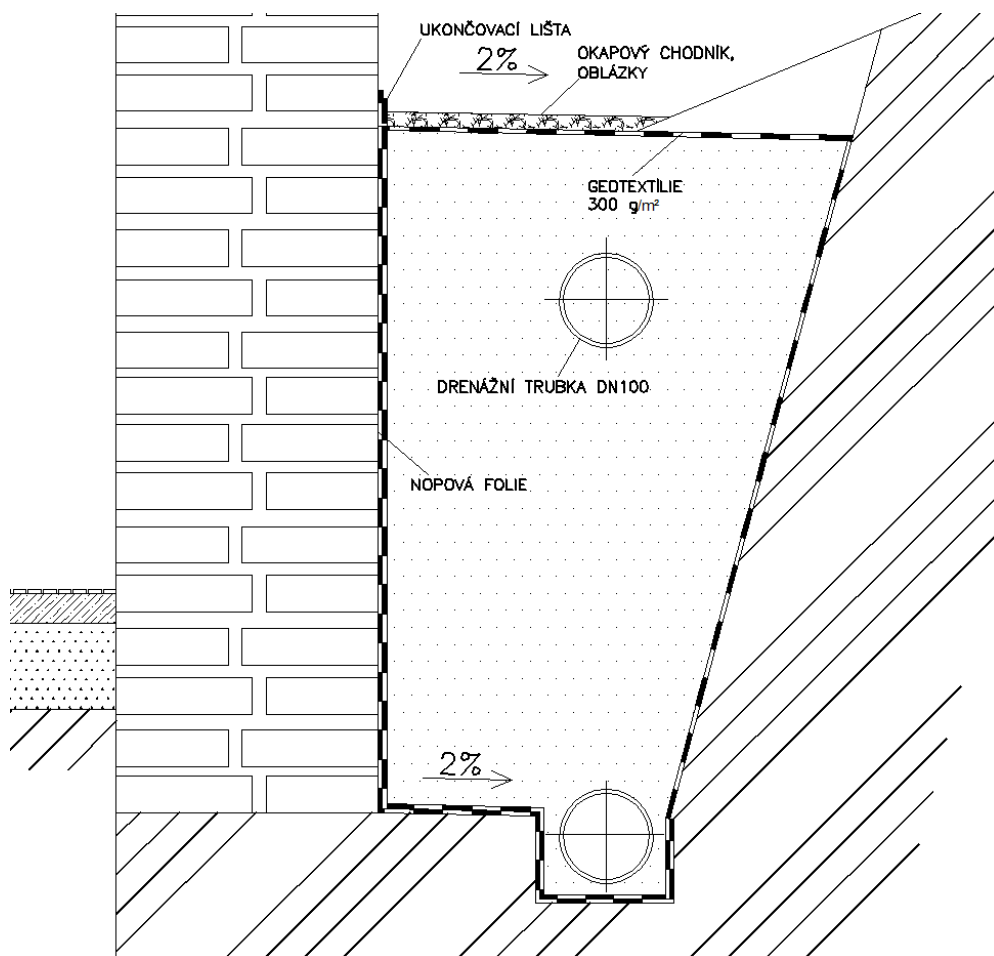
Majitel objektu se musí rozhodnout, jakou částku chce do oprav investovat. Oprava objektu může být dočasná, funkčně omezená a částečná. Finančně není tak náročná. To zajistí prodloužení životnosti objektu a bezpečí pro obyvání domu, ale v tomto případě musí brát v úvahu, že tyto opravy nevyloučí veškeré nežádoucí jevy a nemůžeme zaručit pohodlí a komfort při užívání objektu. Na druhé straně jsou řešení radikální, která jsou finančně náročnější.

#### 13.1. Drenážní systém

Jedno ze základních opatření, které bychom měli provést, je vybudovat drenážní systém kolem objektu, který bude odvádět vodu ze svahu. Navazující pozemky patří majiteli, můžeme tedy pro snížení průniku dešťové vody do konstrukce zbudovat vzadu na obvodové zdi stříšku, po které voda steče do drenážního systému. Tím budeme chránit obvodovou zeď před přímým kontaktem s dešťovou vodou. Drenážní systém by se měl použít v místech, kde se kumuluje nejvíce voda. Umístíme jej tak, aby byl schopen objekt ochránit i před vodou, která stéká ze svahu. Zde budeme muset vytvořit drenáž dvojstupňovou. Dvojstupňová proto, že trubky zde povedou ve dvou úrovních. První trubku uložíme do hloubky 0,3 m a druhou 1,0 m pod terén. Názorná ukázka provedení je na obrázku 13.1.

Pokud by to terén umožňoval, je vhodné zeminu přespádovat od objektu. Část svahu, kterou jsme odkopali, musíme znovu zasypat kvůli možným svahovým pohybům. Není zapotřebí zde budovat opěrnou zeď. Jednak je to řešení finančně náročné, a pokud zemina svým tlakem neohrožuje objekt, není nutné zeď dělat. Na místa mimo svah použijeme klasické řešení drenáží. Spočívá v osazení nopové fólie, svisle na líc v úrovni spodní části zdiva až cca 70 cm pod úroveň terénu. Na dně příkopu by měla být uvedena do vodorovné polohy. Na dno pak položíme geotextilii a na takto připravené dno dáme plastovou děrovanou trubku, zasypeme štěrkem a obalíme geotextilií. Takto připravený drenážní systém zasypeme drceným (štěrk) nebo těženým kamenivem (písek, kačírek).

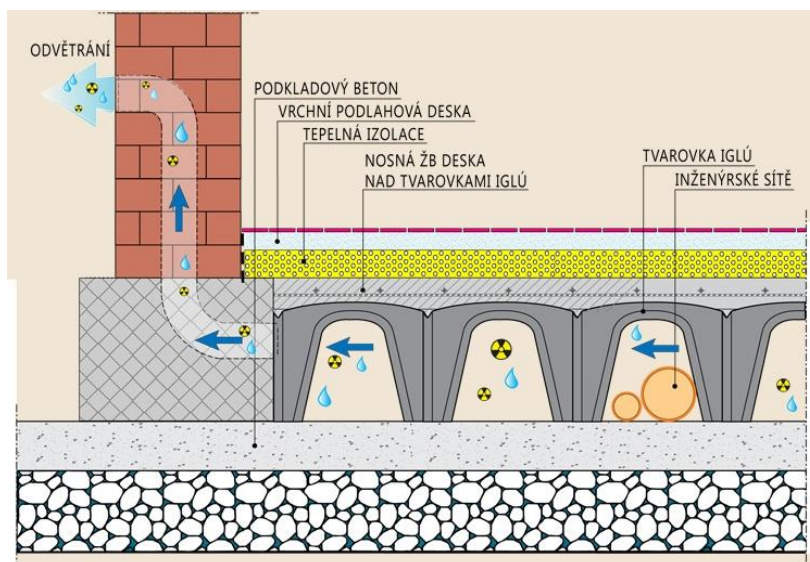
Tento systém ještě doplníme o okapový chodník, který bude vyspádovaný od objektu. Tento návrh nám slouží ke zlepšení podmínek venku.



Obr. 13.1 Řez dvoustupňovým drenážním systémem

### 13.2. Podlahový systém

Abychom zabránili vztlínání vody z podzákladí, provedeme podlahu jako provětrávaný systém. Vybrali jsme si cenově příznivý podlahový systém IGLU. Provedení se bude pohybovat v cenové relaci od 7500 do 15000 Kč, dle velikosti a výšky tvarovky. Původní podlahy se do určité hloubky odstraní, předpokládáme 0,4 m, až na úroveň původního terénu. Na takto vzniklou plochu rozprostřeme plastové tvarovky. Na ty můžeme položit ještě hydroizolační folii a na ně, do karisítě, vylijeme beton. Vyústění vzdušné části odvětrávacími kanálky je ven a můžeme je napojit na drenážní systém. Pokud by nám vyústění ven nevyhovovalo nebo nešlo provést, lze systém odvětrávat i do interiéru. Podlaha IGLU se propojí se sanačními mřížkami – difúzními lištami – těsně nad úrovní podlahy po obvodu zdiva. Mřížky jsou vsazeny do nové sanační omítky.



Obr. 13.2 Řez podlahou IGLU [12]

### 13.4. Předstěna

Před zdi v kontaktu s terénem (v kuchyni a koupelně) postavíme předstěnu. Mezi předstěnou a stávající zdí necháme 0,1 m mezeru pro cirkulaci vzduchu. Předstěna bude vytvořena z keramických příčkovek P + D tloušťky 80 mm uložené na montážní pěnu. [9]

### 13.5. Vytápění

Další opatření se týká vytápění místností. Kamna, která vytápí objekt, odstraníme a nainstalujeme plynový kotel, nové rozvody a tepelné výměníky (radiátory) do jednotlivých místností. Tento systém nám zajistí celoroční temperování objektu.

## 14. ZÁVĚR

V březnu roku 2013 proběhl stavebně technický průzkum objektu na adrese Omice, Studýnky 60. Průzkum byl založen na vizuálně defektoskopické prohlídce, sondách a hodnotách, které byly naměřeny na termodetektoru. Z výsledků zkoušek bylo vyhodnoceno, že konstrukce je nevyhovující z hlediska problémů spojených s vlhkostí, ale staticky, až na lokální výjimky konstrukce, vyhoví. Odvod srážkové vody je nevyhovující. Proto jsme navrhli nový drenážní systém, který zajistí odvodnění zadní a boční části objektu. Tyto dvě části jsou totiž v přímém kontaktu s terénem. Tak se voda nebude zdržovat u objektu a sníží se vlhnutí zdiva.

Dalším problémem je vlhkost z podzákladí, k tomu nám posloužila kopaná sonda. Díky této sondě jsme odhadli skladbu podlahy. Podlaha je sice izolovaná, ale nevhodně zvoleným izolantem. Proto jsme navrhli řešení větrané podlahy. Výhoda spočívá v tom, že i když bude objekt v zimních měsících prázdný, vlhkost bude samovolně odvětrávaná z objektu, díky odvětrávacím kanálkům. Při příležitosti rekonstrukce podlahy by se mohla provést i renovace odpadního potrubí, které má na vlhkosti v objektu také svůj podíl.

K lepšímu odvětrávání stěn objektu poslouží předstěna z příčkovky, která bude před obvodovou stěnou předsazená o 10 cm a v této mezeře bude cirkulovat vzduch a tím odváděna vlhkost. V celém objektu se zavede etážové topení, které nám zajistí celoroční temperování a podíl vlhkosti tím bude snížen.

Pokud je majitel ochotný investovat do těchto oprav, bude objekt dále vhodný pro rekreační využití. V žádném případě ovšem nedoporučujeme objekt ničím přitěžovat ani provádět nástavbu.

## 15. POUŽITÁ LITERATURA

- [1] STAVEBNÍ LÁTKY, modul M01; prof. Adámek J., doc Hobst L.
- [2] ČSN EN ISO 9346, Tepelně vlhkostní chování budov a stavebních materiálů – Fyzikální veličiny pro přenos hmoty – Slovník
- [3] ODVLHČOVÁNÍ STAVEB, 2. Přpracované vydání; Balík M. a kolektiv
- [4] VYSUŠOVÁNÍ ZDIVA V PŘÍKLADECH; Balík M.
- [5] ČSN P 73 0610, Hydroizolace staveb – sanace vlhkého zdiva – základní ustanovení
- [6] SEZNAM.CZ, a.s. Mapy.cz. [citace 2016-05-20]. Dostupné z:  
<https://mapy.cz>
- [7] GEOLOGY.CZ, [citace 2016-05-20]. Dostupné z:  
[http://mapy.geology.cz/geocr\\_25/](http://mapy.geology.cz/geocr_25/)
- [8] PŮVODNÍ NÁVOD K POUŽITÍ; přístroj PTD1, BOSCH
- [9] WIENERBERGER.CZ, [citace 2016-05-21]. Dostupné z:  
<http://wienerberger.cz/produkty/porotherm-8#collapse-collapse1366232729722>
- [10] ČSN 73 0540-2; Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky
- [11] GABEX. CZ, [citace 2016-22-05]. Dostupné z:  
<http://www.gabex.cz/Info/Iglu-a-zdvojene-podlahy>
- [12] GABEX.CZ, [citace 2016-26-05]. Dostupné z: <http://gabex.expertweb.cz>



## 16. SEZNAM PŘÍLOH, OBRÁZKŮ A TABULEK

Seznam příloh:

PO1 - Schéma měřených bodů

PT1 - Tabulka naměřených bodů

Seznam obrázků:

Obr. 4.1 Grafické znázornění rozdělení trhlin .....	19
Obr. 5.1 Pronikání vlhkosti do objektu .....	22
Obr. 6.2. Ložná a styčná spára .....	28
Obr. 7.1 Rozdělení odběru vzorku .....	37
Obr. 10.1 Situace umístěného objektu .....	51
Obr. 10.2 Fáze výstavby rodinné domu .....	52
Obr. 10.3 Geologická mapa .....	53
Obr. 10.4 Pohled na svah za domem.....	54
Obr. 10.5 Kontakt objektu s terénem.....	54
Obr. 11.2 obvodová zeď v kuchyni.....	55
Obr. 11.1 Obvodová zeď v koupelně.....	55
Obr. 11.3 Kopaná sonda.....	56
Obr. 11.4 Kámen ze sondy .....	56
Obr. 12.5 Sonda na vnější straně obvodové zdi.....	58
Obr. 12.6 Řez stávající podlahou .....	59
Obr. 13.1 Řez dvoustupňovým drenážním systémem.....	61
Obr. 13.2 Řez podlahou IGLU .....	62

## Seznam tabulek:

Tab. 2.1 Závislost vlhkosti na pevnosti.....	14
Tab. 6.1 Materiál dle kapilární nasákavosti .....	26
Tab. 6.2 Vhodné využití omítek.....	27
Tab. 6.3 Vlhkost vnitřního prostředí.....	29
Tab. 6.4 Velikost plochy a koncentrace plísni .....	33
Tab. 7.1 Stupně vlhkosti .....	35
Tab. 7.2 Závislost běžné vlhkosti na relativní vlhkosti a stavební hmotě .....	35
Tab. 8.1 Teploty a relativní vlhkosti v místnostech .....	41